RAZÓN Y REVOLUCIÓN

FILOSOFÍA MARXISTA
Y CIENCIA MODERNA

Alan Woods y Ted Grant

Traducción castellana de
Jordi Martorell

Fundación Federico Engels
Madrid

Título original:
Reason in Revolt. Marxist Philosophy and Modern Science

Primer volumen de la serie *Marxismo en el nuevo milenio*

Primera edición: julio 1995
Segunda edición: abril 2002
Reimpresiones: mayo 2004
mayo 2008

© 1995, Fundación Federico Engels
© 1991, 1995 Eric J. Lerner, utilizado con permiso

ISBN: 84-932118-0-x
Depósito Legal: M-14.032-2004
Impreso en España - Printed in Spain

Publicado y distribuido por la Fundación Federico Engels
C/ Hermanos del Moral 33, bajo · 28019 Madrid
Teléfono: 914 283 870 · Fax: 914 283 871

ww.fundacionfedericoengels.org
contactar@fundacionfedericoengels.org

Si desea ponerse en contacto con los autores para cualquier comentario o sugerencia, hágalo por medio de la Fundación Federico Engels.

Agradecimientos

Para la realización de esta obra hemos sido muy afortunados al contar con el estímulo y ayuda activa de amigos y colaboradores, cuyos consejos y críticas han sido inestimables. Aprovechamos esta oportunidad para expresar nuestro reconocimiento a las siguientes personas, por su amable ayuda:

Ana Muñoz, por su esmerado e incansable trabajo en el libro desde el principio hasta el final; Rob Sewell, cuyo entusiasmo ilimitado sostuvo un proyecto largo y difícil, y cuyas investigaciones fueron vitales para las secciones de biología, genética y evolución; Bryan Beckenham y John Pickard, por su inestimable ayuda para las secciones de la teoría del caos y matemáticas; Angelo Valeriani (Italia), por sus consejos sobre física; Eric de Bruyn (Bélgica), por sus observaciones sobre química y la teoría del caos; nos sentimos en deuda con Thanassis Olimpios (Grecia), por la sección de geología y de la evolución de la vida; Bosse Öberg (Suecia), por el material sobre religión; estamos especialmente agradecidos a Eric J. Lerner (EEUU), por sus valiosos comentarios sobre el *big bang* y otros asuntos relacionados; Julianna Grant, por su ayuda con *El lenguaje y el pensamiento del niño,* y Anne Tanner, por su material sobre genética. Por último, nos gustaría agradecer a Miguel Fernández, Carlos Carballeira, Antonio Grandal y Julio López su ayuda en la corrección del texto.

Índice

En memoria de Hannes Alfvén 9

Prefacio de los autores a la primera edición 13

Prefacio de los autores a la segunda edición en castellano 17

Primera parte: Razón y sinrazón

1. Introducción 31
2. Filosofía y religión 43
3. Materialismo dialéctico 59
4. La lógica formal y la dialéctica 97

Segunda parte: Tiempo, espacio y movimiento

5. Revolución en la física 119
6. Incertidumbre e idealismo 129
7. La teoría de la relatividad 157
8. La flecha del tiempo 193
9. El *big bang* 201

Tercera parte: Vida, mente y materia

10. Dialéctica de la geología 245
11. Cómo surgió la vida 257
12. El nacimiento revolucionario del hombre 281
13. La génesis de la mente 309
14. Marxismo y darwinismo 335
15. ¿El gen egoísta? 351

Cuarta parte: Orden en el caos

16. ¿Reflejan la realidad las matemáticas? 377
17. La teoría del caos 399
18. La teoría del conocimiento 409
19. Alienación y futuro de la humanidad 427

Bibliografía 459

Glosario 463

Índice onomástico 469

En memoria de Hannes Alfvén

Poco antes de terminar este libro llegó la triste noticia de la muerte del premio Nobel y físico sueco Hannes Alfvén. Además de sus importantes descubrimientos en el terreno de la física del plasma y de la cosmología, Alfvén libró una lucha incansable contra las tendencias idealistas y místicas en la ciencia. Publicamos a continuación un breve homenaje escrito por el físico estadounidense e investigador independiente Eric J. Lerner, autor de The Big Bang Never Happened *(El big bang nunca sucedió):*

Hannes Alfvén era una de las mentes destacadas del siglo XX, y un día será considerado, junto con Einstein, como alguien que transformó nuestro modo de ver el universo. Es un gran privilegio haberlo conocido.

Alfvén fue el fundador de la moderna física del plasma, que estudia los gases conductores de electricidad. El plasma es la forma dominante de la materia en el universo, aunque es bastante inusual en la Tierra —las estrellas, las galaxias y el espacio entre ellas están llenas de plasma—. Los plasmas tienen una vasta aplicación en la tecnología, siendo la más apasionante su potencial uso en la fusión termonuclear controlada, una fuente potencial de energía limpia, barata e ilimitada. Las ideas y las investigaciones de Alfvén en ese terreno se suelen utilizar de forma rutinaria en las múltiples aplicaciones de la física del plasma, como indican los múltiples conceptos que llevan su nombre: onda Alfvén, velocidad Alfvén, límite Alfvén, etc.

Sin embargo, la aportación más significativa de Alfvén a la ciencia es su reformulación audaz de la cosmología, su crítica del *big bang* y su planteamiento de una alternativa, el universo de plasma, un universo en evolución sin principio ni fin.

Para Alfvén, la diferencia fundamental entre su punto de vista y el de los cosmólogos del *big bang* era metodológica: “Cuando los hombres empiezan a pensar acerca del universo, siempre existe un conflicto entre el enfoque mítico y el empírico-científico”, explicó. “En la mitología, uno intenta deducir cómo los

dioses habrán tenido que crear el mundo, qué principio perfecto habrán tenido que usar". Esto, dijo, es el método de la cosmología convencional de hoy: empezar con una teoría matemática, deducir de dicha teoría cómo el universo *tiene* que haber empezado e ir hacia adelante desde el comienzo hasta el presente. El *big bang* es un fracaso científico porque intenta derivar el universo actual desde un hipotético estado perfecto anterior a él. Todas las contradicciones con la observación se derivan de este fallo fundamental.

El otro método es el que empleó Alfvén: "Yo siempre he creído que la astrofísica debería ser la extrapolación de la física de laboratorio, que hemos de empezar con el actual universo y volver hacia atrás, a épocas cada vez más remotas e inciertas". Este método empieza con la *observación* —la observación en el laboratorio, desde naves espaciales, la observación del universo en su conjunto, derivando teorías de aquellas observaciones, y no de la teoría y de las matemáticas puras—.

Según Alfvén, la evolución del universo en el pasado tiene que ser explicable en términos de los procesos que tienen lugar hoy en él; los acontecimientos que se dan en las profundidades del espacio *pueden* ser explicados en términos de fenómenos que estudiamos en laboratorios terrestres. Semejante enfoque descarta conceptos como el origen del universo desde la nada, el inicio del tiempo o el *big bang*. Puesto que no se ve en ninguna parte nada que nazca de la nada, no tenemos ninguna razón para pensar que esto haya ocurrido en un pasado distante. Por el contrario, la cosmología del plasma parte de la base de que el universo, ya que ahora lo vemos en un proceso continuo de evolución, siempre ha existido, siempre ha evolucionado y siempre existirá y evolucionará durante un tiempo infinito.

Alfvén desarrolló una amplísima crítica de la cosmología moderna desde este enfoque metodológico, situándola en un contexto histórico que solía llamar el "péndulo cosmológico": la idea de que a lo largo de milenios la cosmología ha alternado entre una visión científica y otra mitológica. Los mitos de los pueblos primitivos fueron sustituidos por los esfuerzos científicos de los jónicos de la Grecia antigua, pero después el péndulo volvió a girar hacia el mito de la perfección matemática de Tolomeo y Platón, mezclada posteriormente con la mitología creacionista de los cristianos. Ésta, a su vez, retrocedió ante el resurgimiento de la ciencia en el siglo XVI. En el siglo XX hemos presenciado un nuevo rebrote de la mitología, y la batalla por una cosmología científica sigue hasta el momento actual.

Alfvén vio la fascinación de los actuales cosmólogos por la perfección matemática como la raíz de su enfoque mitológico: "La diferencia entre la mitología y la ciencia es la diferencia entre la inspiración divina de la 'razón sin más', por un lado, y las teorías desarrolladas mediante la observación del mundo real, por el otro. [Es] la diferencia entre la creencia en profetas y el pensamiento crítico, entre el *Credo quia absurdum* (Creo porque es absurdo) de Tertulio y el *De omnibus est dubitandum* (Hay que cuestionarlo todo) de Descartes. Pretender escribir un gran drama cósmico necesariamente conduce a la mitología. Preten-

der que el conocimiento sustituya a la ignorancia en regiones cada vez más extensas del espacio y el tiempo, esto es ciencia".

Puesto que la aplastante mayoría del universo está compuesta de plasma, Alfvén dedujo que los fenómenos del plasma, los fenómenos de la electricidad y del magnetismo, y no sólo la gravedad, tienen que ser determinantes para la evolución del universo. Demostró con teorías concretas cómo vastas corrientes y campos magnéticos formaron el sistema solar y las galaxias. En la medida en que sensores y telescopios a bordo de naves espaciales revelaron este universo de plasma, las ideas de las que Alfvén fue pionero tuvieron cada vez más aceptación. No obstante, hasta el día de hoy, sus conceptos cosmológicos más amplios siguen siendo los de una minoría controvertida. Sin embargo, su idea de un universo infinito en estado de evolución es la única que se corresponde con lo que sabemos de la evolución en los aspectos físico, biológico y social.

Alfvén era un científico políticamente comprometido, muy activo en el movimiento internacional por el desarme y en el terreno de la política energética, lo cual, a menudo, igual que con su trabajo científico, le atrajo las iras de los poderes fácticos. Por ejemplo, a mediados de la década de los 60, Suecia empezó a estudiar una política nacional de investigación y desarrollo de la energía nuclear, cuestión sobre la que Alfvén, destacado investigador en el campo de la ciencia espacial y la fusión nuclear, se consideraba bastante cualificado para opinar. Acto seguido se vio involucrado en un debate cada vez más acalorado con el gobierno. Le parecía que el plan sueco había infravalorado totalmente la potencial aportación de la fusión nuclear a la solución del problema energético y que no dedicaba suficientes fondos para las investigaciones que requería. Se mostró igualmente crítico con los planes de construcción de una central nuclear, que él ridiculizaba como técnicamente inviables y equivocados. Se enfrentó a la burocracia local, la cual no suavizó su hostilidad hacia él cuando su crítica técnica a la central resultó estar bien fundada (más tarde fue convertida en una central convencional).

Las relaciones entre Alfvén y el gobierno alcanzaron su punto más bajo en 1966, cuando publicó una breve pero hiriente sátira científico-política titulada *El gran ordenador*. El argumento de la obra, escrita con el seudónimo de Olaf Johannesson, era la conquista del planeta por los ordenadores. La idea general era popular entre escritores de ciencia-ficción, pero Alfvén la utilizó como un vehículo no sólo para ridiculizar la obsesión creciente del gobierno y los hombres de negocios por el poder de los ordenadores, sino también para castigar a una gran parte del *establishment* sueco. En la novela, Alfvén deja claro que la avaricia de los monopolios, la miopía de los burócratas gubernamentales y las ambiciones de los políticos fue lo que condujo al futuro que irónicamente describe como una utopía... para los ordenadores. En la Suecia moderna, un estado dirigido por una alianza de burócratas gubernamentales, políticos y monopolistas, la sátira de Alfvén no gustó a aquellos sectores ya irritados por su aguda crítica a la política nuclear.

Ya en 1967, las relaciones de Alfvén con el *establishment* científico sueco habían sufrido tal deterioro, en especial sobre la cuestión nuclear, que decidió

abandonar el país. “Me dijeron que recortarían radicalmente mis subvenciones si no apoyaba la central nuclear”, recordaba. Pronto le ofrecieron cátedras en universidades, tanto de la Unión Soviética como de Estados Unidos. Tras una estancia de dos meses en la URSS, se trasladó a EEUU, donde terminó en la universidad de California, en San Diego. Al final, alternó su tiempo entre Suecia y EEUU, continuando sus actividades científicas hasta poco antes de su muerte, en abril de 1995.

Alfvén fue reconocido como uno de los fundadores de la física del plasma cuando en 1970 se le concedió el premio Nobel de Física. Sin embargo, sus aportaciones más importantes a la cosmología y a la visión humana de nuestro universo aún no han recibido el reconocimiento que se merecen, por estar en conflicto con la ortodoxia dominante del *big bang* y del enfoque matemático-mitológico de la cosmología. No obstante, en su momento, Alfvén será visto como el Galileo del fin del siglo XX.

Eric J. Lerner
Lawrenceville, New Jersey, 8 de mayo de 1995

Prefacio de los autores a la primera edición

Un fantasma recorre Europa...
C. Marx y F. Engels, *El manifiesto comunista*

Mark Twain dijo en broma una vez que los rumores de su muerte habían sido exagerados. Resulta llamativa la circunstancia de que todos los años, durante el último siglo y medio, el marxismo ha sido declarado difunto. No obstante, por alguna razón inexplicable, mantiene una obstinada vitalidad, cuya mejor prueba es el hecho de que los ataques contra él no sólo continúan, sino que tienden a recrudecerse tanto en frecuencia como en acritud. Si es verdad que el marxismo es tan irrelevante, ¿por qué molestarse siquiera en mencionarlo? La realidad es que los detractores del marxismo todavía se sienten perseguidos por el mismo viejo fantasma. Sienten el malestar propio de aquel que es consciente de que el sistema social que defiende se encuentra en grandes dificultades y sumido en contradicciones insuperables, de que el colapso de una caricatura totalitaria de socialismo no es el final del asunto.

Desde la caída del muro de Berlín ha habido una ofensiva ideológica contra el marxismo y las ideas del socialismo en general. Francis Fukuyama llegó a proclamar el "fin de la historia". Sin embargo, la historia continúa y se vuelve cada vez más conflictiva. El monstruoso régimen estalinista en Rusia ha sido sustituido por una monstruosidad todavía mayor. La auténtica significación de la "libre empresa" en la ex Unión Soviética ha sido la de un colapso espantoso de las fuerzas productivas, la ciencia y la cultura a una escala que tan sólo se puede comparar con una derrota bélica catastrófica.

A pesar de todo esto —o quizá debido a ello—, los admiradores de las supuestas virtudes del capitalismo están dedicando grandes recursos a afirmar que el colapso del estalinismo demuestra la inviabilidad del socialismo. Se dice que la totalidad de las ideas elaboradas por Marx y Engels, y desarrolladas posteriormente por Lenin, Trotsky y Rosa Luxemburgo, están absolutamente desacreditadas. Sin embargo, un análisis más riguroso revela una crisis de la mal llamada economía de libre empresa, que tan sólo en los países industrializados condena a 22 millones de seres humanos a una vida de inactividad forzosa, derrochando el

potencial creativo de toda una generación. La sociedad occidental se encuentra en un callejón sin salida no sólo económica, política y socialmente, sino también en el terreno moral y cultural. La caída del estalinismo, que fue anticipada por los marxistas hace décadas, no puede disfrazar el hecho de que, en la última década del siglo XX, el sistema capitalista se encuentra en una crisis profunda a escala mundial. Los estrategas del capital miran hacia el futuro con un profundo desasosiego. Los más honestos se hacen una pregunta que no se atreven a contestar: ¿No tendría Marx razón después de todo?

Independientemente de si uno acepta o rechaza las ideas del marxismo, es imposible negar el impacto colosal que han tenido. Desde la aparición de *El manifiesto comunista* hasta el día de hoy, el marxismo ha sido un factor decisivo no sólo en la palestra política, sino también en el desarrollo del pensamiento humano. Los que lucharon contra él se vieron obligados a tomarlo como punto de partida. A pesar de la situación actual, es un hecho indiscutible que la Revolución Rusa cambió todo el curso de la historia mundial. Por lo tanto, un conocimiento riguroso de la teoría del marxismo es una condición necesaria para cualquiera que desee comprender los fenómenos fundamentales de nuestra época.

EL PAPEL DE ENGELS

En agosto de 1995 se conmemorará el centenario de la muerte de Federico Engels, el hombre que, junto a Carlos Marx, inició una forma totalmente nueva de observar la naturaleza, la sociedad y el desarrollo humano. Al papel jugado por Engels en el pensamiento marxista no se le ha hecho justicia. Esto se debe, en parte, al monumental genio de Marx, que inevitablemente ensombrece la contribución hecha por su amigo y compañero de toda la vida. Pero también emana de la humildad innata de Engels, que siempre quitó importancia a su propia contribución y prefirió resaltar la preeminencia de Marx. Engels dio instrucciones para que a su muerte su cuerpo fuera incinerado y sus cenizas arrojadas al mar en Beachy Head, en el sur de Inglaterra. No quería ningún monumento. Al igual que Marx, detestaba cualquier cosa que se asemejase remotamente al culto a la personalidad. El único monumento que querían dejar tras de sí era el imponente conjunto de ideas que constituyen una base ideológica completa para la lucha por la transformación socialista de la sociedad.

Muchos no se dan cuenta de que el marxismo se extiende bastante más allá de la política y la economía. La columna vertebral del marxismo es la filosofía del materialismo dialéctico. Marx tenía la intención de escribir una obra a fondo sobre el tema, pero, desgraciadamente, la tarea colosal de escribir *El capital* se lo impidió. Si excluimos sus obras tempranas, como *La sagrada familia* y *La ideología alemana,* intentos importantes aunque preparatorios de desarrollar una nueva filosofía, y los tres volúmenes de *El capital,* que son un ejemplo clásico de la aplicación concreta del método dialéctico a la esfera particular de la economía, las prin-

cipales obras de la filosofía marxista fueron escritas por Engels. Quien quiera entender el materialismo dialéctico debe empezar con un conocimiento a fondo de *Anti-Dühring, Dialéctica de la naturaleza* y *Ludwig Feuerbach.*

¿Hasta qué punto los escritos filosóficos de este hombre que murió hace un siglo han superado la prueba del tiempo? Ese es el punto de partida de esta obra. Engels definió la dialéctica como "las leyes más generales del movimiento de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano". En *Dialéctica de la naturaleza* en particular, Engels se basó en un estudio cuidadoso del conocimiento científico más avanzado de su tiempo para demostrar que "en última instancia, el funcionamiento de la naturaleza es dialéctico". Y ésta es la tesis fundamental del presente trabajo: que los descubrimientos más importantes de la ciencia del siglo XX suministran una impresionante confirmación de esto.

No sorprenden tanto los ataques contra el marxismo como la ignorancia total que de éste manifiestan sus detractores. Mientras que a nadie se le ocurriría ejercer de mecánico de coches sin estudiar mecánica, todo el mundo se siente libre para expresar una opinión sobre el marxismo sin el menor conocimiento del mismo. Esta obra es un intento de explicar las ideas básicas de la filosofía marxista y mostrar la relación entre ésta y la posición de la ciencia y la filosofía en el mundo moderno. La intención de los autores es escribir una trilogía que cubra los tres componentes principales del marxismo: 1) filosofía marxista (materialismo dialéctico), 2) teoría marxista de la historia y la sociedad (materialismo histórico) y 3) economía marxista (la teoría del valor del trabajo).

Nuestra idea original fue la de incluir una sección sobre la historia de la filosofía, pero, en vista de la extensión de esta obra, hemos decidido publicarla por separado. Empezamos con una reseña de la filosofía del marxismo, el materialismo dialéctico. Esto es fundamental porque es el método del marxismo. El materialismo histórico es la aplicación de este método al estudio del desarrollo de la sociedad humana; la teoría del valor del trabajo es el resultado de la aplicación del mismo método a la economía. La comprensión del marxismo es imposible sin una comprensión del materialismo dialéctico.

La prueba última de la dialéctica es la naturaleza misma. El estudio de la ciencia ocupó la atención de Marx y Engels toda su vida. Engels intentó escribir una obra exhaustiva, esbozando en detalle la relación entre el materialismo dialéctico y la ciencia, pero no le fue posible debido a la fuerte carga de trabajo que le supusieron los volúmenes segundo y tercero de *El capital,* que quedaron sin terminar a la muerte de Marx. Sus manuscritos incompletos de *Dialéctica de la naturaleza* tan sólo vieron la luz en 1925. A pesar de su estado inacabado, constituyen una fuente muy importante para el estudio de la filosofía marxista y proporcionan ejemplos brillantes de la aplicación de la dialéctica a los problemas centrales de la ciencia.

Uno de los problemas con que nos hemos enfrentado al escribir esta obra es el hecho de que la mayoría de la gente sólo tiene un conocimiento de segunda mano de los escritos básicos del marxismo. Es una pena, ya que la única manera de

entender el marxismo es leyendo las obras de Marx, Engels, Lenin y Trotsky. La gran mayoría de los escritos que pretenden explicar "qué significa Marx" carecen de todo valor. Así pues, hemos decidido incluir un gran número de citas extensas, particularmente de Engels, en parte para dar al lector un acceso directo a esas ideas sin ninguna "traducción" y en parte con la esperanza de que le estimule a leer los originales. Este método, que no facilita la lectura del libro, en nuestra opinión es necesario. De la misma manera, nos hemos sentido obligados a reproducir algunas citas largas de autores con los que estamos en desacuerdo, basándonos en el principio de que siempre es mejor permitir a nuestros oponentes que hablen por ellos mismos.

Londres, 1º de Mayo de 1995

Prefacio de los autores a la segunda edición en castellano

Con gran entusiasmo damos la bienvenida a la segunda edición en castellano de *Razón y revolución*. Desde que hace seis años se publicó por primera vez en esta lengua y en inglés, hemos recibido comentarios favorables desde muchas partes del mundo, tanto de activistas del movimiento obrero como de científicos. Las ideas de esta obra han despertado interés en muchos países, y, además de en los dos idiomas ya citados, está editado en italiano, griego, urdu y turco. Las ediciones alemana y flamenca están en preparación.

Estamos orgullosos de que, hasta la fecha, nadie le haya hecho objeciones serias al contenido científico del libro. Cada nuevo descubrimiento de la ciencia ha corroborado la afirmación de Engels de que "en última instancia, la naturaleza funciona de forma dialéctica". Aprovechamos la oportunidad que se nos brinda para comentar algunos de ellos.

El genoma humano

Los descubrimientos realizados por el Proyecto Genoma Humano han confirmado la posición del marxismo. Durante décadas, muchos genetistas han defendido que todo, desde la inteligencia a la homosexualidad o la criminalidad, estaba determinado por nuestros genes. De esto se han extraído conclusiones de lo más reaccionario. Por ejemplo, que los negros y las mujeres están genéticamente condicionados a ser menos inteligentes que los blancos o los hombres, o que la violación o el asesinato son de alguna manera naturales y que, por tanto, no merece la pena gastar dinero en escuelas y viviendas para los pobres, porque su pobreza, al estar genéticamente determinada, no tiene solución. Y, sobre todo, la existencia de la desigualdad es inevitable y cualquier intento de abolir la sociedad de clases resultará inútil porque es algo natural arraigado en nuestros genes. Estas ideas son un buen ejemplo de cómo la ciencia no está separada de la política y los intereses de clase, y que los científicos más eminentes, consciente o inconscientemente,

pueden ayudar a la reacción. Pero dejando a un lado, por ahora, las implicaciones políticas y sociales, en términos puramente científicos estamos ante un momento decisivo de la historia.

Hasta ahora los científicos creían que el genoma humano contenía las instrucciones para crear entre 50.000 y 150.000 genes. Esta suposición se basaba en la comparación con organismos más simples, como la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*). Los científicos decían que si esta humilde mosca tenía 13.000 genes, una entidad más grande y compleja como el ser humano debería tener muchos más. Una estimación superior a los 150.000 genes parecía razonable después de descifrar los dos primeros genomas animales. Pero estaban equivocados. Probablemente el número de genes humanos no supere los treinta o cuarenta mil.

Este pequeño número les plantea a los científicos un dilema. Si el ser humano sólo tiene trece mil genes más que la lombriz intestinal *Caenorhabditis elegans* o seis mil más que el alga *Arabidpsis thaliana*, ¿cómo se explica su gran complejidad? ¿Por qué, comparativamente, somos tan avanzados? La lombriz intestinal es una pequeña criatura tubular formada por 959 células, de las cuales 302 son neuronas. El cuerpo humano posee cien billones de células, de los cuales unos cien mil millones son células nerviosas. A pesar de la tendencia actual a negar la existencia del progreso evolutivo, sería bastante razonable suponer que hay algo más en el *Homo sapiens* que en la *Caenorhabditis elegans.*

EL DETERMINISMO BIOLÓGICO AL DESCUBIERTO

Los marxistas, por supuesto, aceptamos que los genes juegan un papel muy importante. Nos proporcionan, hasta cierto punto, la materia prima a partir de la cual se desarrollan los individuos. Pero son sólo una cara de una ecuación muy compleja. El problema surge cuando determinadas personas intentan presentar los genes como el único agente condicionante del desarrollo y comportamiento humanos, como ha ocurrido hasta ahora. En realidad, los genes y los factores medioambientales interactúan recíprocamente, y en ese proceso el papel del entorno, negado o infravalorado sistemáticamente por los deterministas biológicos, resulta ser absolutamente decisivo.

Las últimas revelaciones del genoma humano han terminado con la vieja controversia entre entorno y genes. El relativamente pequeño número de éstos descarta cualquier posibilidad de que existan genes individuales que controlen y conformen patrones de comportamiento como la criminalidad o la preferencia sexual. Liquida totalmente las ideas de gente como Dean Hammer, que pretendía haber aislado un gen del cromosoma X humano que supuestamente predisponía a la homosexualidad. Se han escuchado ideas similares respecto a otros rasgos humanos, desde la capacidad de correr al gusto artístico e incluso ¡las tendencias políticas! La realidad es que el comportamiento humano es demasia-

do complejo y no se puede reducir a simple genética. Los últimos descubrimientos contradicen la sarta de disparates que durante años se presentaron como irrefutables.

Los deterministas biológicos insistían en reducir todos los problemas sociales a la genética. En febrero de 1995 se celebró en Londres unas jornadas sobre *Genética criminal y comportamiento antisocial*. Diez de los trece oradores procedían de Estados Unidos, donde en 1992 unas jornadas similares, con claros tintes racistas, habían sido suspendidas debido a las protestas de la opinión pública. El presidente, Michael Rutter, del Instituto de Psiquiatría de Londres, declaró que "no existe algo similar a un gen criminal". Otros participantes, como Gregory Carey, del Instituto de Genética del Comportamiento de la Universidad de Colorado, mantuvieron que los factores genéticos en conjunto eran responsables de entre el cuarenta y el cincuenta por ciento de la violencia criminal. Aunque en su opinión resultaría poco práctico "tratar" la criminalidad con métodos de la ingeniería genética, otros sí expresaron que existían buenas perspectivas para el desarrollo de medicinas para el control de la agresividad, una vez encontrados los genes responsables. Carey también insinuó la posibilidad de considerar la conveniencia de un aborto cuando las pruebas prenatales señalaran a un niño como probable portador de los genes que le predispondrían a la agresividad o un comportamiento antisocial. Esta opinión fue compartida por David Goldman, del Laboratorio de Neurogenética del Instituto Nacional de la Salud estadounidense: "Las familias tendrían que disponer de la información y permitir que puedan decidir en privado cómo utilizarla" (*The Independent*, 14/2/95).

Existen muchos otros ejemplos. Charles Murray, en su famoso libro *The Bell Curve*, resucitó la vieja idea de que la genética puede explicar la diferencia entre los cocientes intelectuales de blancos y negros. C. R. Jeffery escribió: "La ciencia debe decirnos qué individuos se convertirán o no en criminales, qué individuos serán o no víctimas y qué estrategias legales serán útiles". Yudofsky suscribe el entusiasmo de Jeffery con la siguiente afirmación: "Estamos al borde de una revolución en la medicina genética. El futuro será comprender la base genética de los desórdenes agresivos e identificar a aquellas personas con mayor tendencia a volverse violentas".

Cuando al escribir este libro criticamos estas teorías, no podíamos saber que en pocos años se demostraría su carácter acientífico. Ahora, la revelación de que el número de genes humanos no supera los 40.000, y que incluso pueden ser menos de 30.000, ha acabado de un golpe con el determinismo biológico y genético. El doctor Craig Venter, genetista cuya empresa Celera fue uno de los principales responsables del proyecto de secuenciación del genoma humano, plantea la cuestión de una forma sencilla: "Simplemente, no tenemos suficientes genes para que el determinismo biológico sea correcto. La maravillosa diversidad de la especie humana no está relacionada con nuestro código genético. *Nuestro medio ambiente es crítico*" (*The Observer*, 11/2/01. El subrayado es nuestro).

El artículo continúa: "Sólo cuando los científicos comprueben la forma en que estos genes se activan y desactivan y cómo fabrican las proteínas podrán saber la diferencia significativa que existe entre las distintas especies de mamíferos. La diferencia clave está en la forma en que, comparados con los de otros animales, los genes humanos reaccionan ante un estímulo medioambiental".

Es decir, el medio ambiente, el estímulo externo tanto del mundo físico como de las condiciones sociales en que vivimos, es el condicionante decisivo de la evolución. El papel de los genes es importante, pero la relación entre genes y entorno no es sencilla ni mecánica, como sostenían los teóricos del determinismo biológico, sino *compleja y dialéctica*, como explica el marxismo. Tomemos un ejemplo de interacción dialéctica entre genes y medio ambiente: el tono perfecto. Kevin Davies, en su nuevo libro *The Sequence*, describe la búsqueda del genoma humano y escribe lo siguiente:

"Un reciente estudio sobre el tono perfecto (la capacidad de conocer el tono absoluto de una nota musical) llega a la conclusión de que esta capacidad se adquiere gracias a un solo gen. Esto podría parecer un ejemplo más de determinismo biológico, pero tiene un corolario decisivo: para que esa capacidad se materialice, se necesita recibir desde el principio una educación musical. Es decir, incluso en las habilidades heredadas aparentemente simples, el entorno juega un papel importante".

Existe una interacción compleja entre la composición genética del organismo y las condiciones físicas que le rodean. En lenguaje hegeliano, los genes representan el *potencial*. Pero este potencial sólo se puede activar a través del estímulo exterior. Los genes son "activados" por el entorno, que provoca pequeños cambios, algunos de ellos muy útiles desde el punto de vista evolutivo, aunque en realidad la mayoría de las mutaciones son perjudiciales o no implican beneficio alguno. Durante todo un período, las mutaciones beneficiosas provocan en el organismo cambios cualitativos, dando lugar al proceso que denominamos selección natural.

El editorial de *The Observer* llega a la siguiente conclusión: "*Políticamente, ofrece alivio para la izquierda y su creencia en el potencial de todos*, aunque necesitado de conocimientos. *Pero condena a la derecha, con su gusto por las clases dominantes y el pecado original*" (*Ibíd*. Los subrayados son nuestros).

EL DESCRÉDITO DEL CREACIONISMO

La revelación de la larga y compleja historia del genoma, durante tanto tiempo oculta, ha favorecido las discusiones sobre la naturaleza humana y la Creación. Resulta increíble que, en los albores del siglo XXI, las ideas de Darwin todavía tengan que enfrentarse en Estados Unidos al movimiento creacionista, que reivindica que se enseñe en las escuelas que Dios creó el mundo en seis días, que creó

al primer hombre a partir del polvo y a la primera mujer de una de las costillas de Adán y que al parecer todavía al Todopoderoso le sobró un día.

El movimiento creacionista no es un chiste. Abarca a millones de personas e increíblemente está encabezado por científicos, entre ellos algunos genetistas. Es una expresión gráfica de las consecuencias intelectuales provocadas por la decadencia del capitalismo, un ejemplo de la contradicción dialéctica del atraso de la conciencia humana. En el país tecnológicamente más avanzado del mundo, la mente de millones de personas está hundida en la barbarie. Su nivel de conciencia no es mucho mayor que el existente cuando se sacrificaban los prisioneros de guerra en honor de los dioses, se adoraba a los ídolos o se quemaba a las brujas en la hoguera. Si este movimiento triunfase, como recientemente señaló un científico, regresaríamos a la Edad Media.

Los últimos hallazgos demuestran por fin lo absurdo del creacionismo. Han terminado con la idea de que las especies se crearon por separado y que el hombre, con su alma eterna, fue creado especialmente para cantar alabanzas al Señor. Ahora es evidente que los humanos no somos la única creación. Los resultados del genoma humano demuestran de forma concluyente que compartimos los genes con otras especies; esos genes antiguos nos ayudaron a ser lo que somos. Una pequeña parte de esta herencia genética común se remonta a organismos primitivos, como las bacterias. En palabras de Eric Lander, del Instituto Whitehead de Investigación del Genoma de Cambridge: "La evolución ya no tiene tiempo de fabricar nuevos genes. Así que debe crearlos a partir de los viejos". Los dos equipos se quedaron asombrados del grado de conservación de los genes durante los últimos seiscientos millones de años de evolución en la Tierra: "En muchos casos nos hemos encontrado con que los humanos tienen exactamente los mismos genes que las ratas, los ratones, los gatos, los perros o incluso las moscas del vinagre (...) Tomemos por ejemplo el gen PAX-6. Hemos descubierto que si está dañado no se formarán los ojos. Si le implantamos a una mosca del vinagre un gen humano, conseguiremos que su descendencia recupere la visión".

Los científicos han encontrado que los humanos compartimos aproximadamente doscientos genes con las bacterias, lo que sorprendió a James Watson, el descubridor del ADN y posiblemente el genetista más renombrado del mundo: "Sabemos que los genes saltaron entre las bacterias, pero no que lo hicieran entre la bacteria y el hombre". Estamos ante la prueba final de la evolución. De una forma concluyente, estos "fósiles" genéticos han ayudado durante miles de millones de años de evolución a convertirnos en lo que somos. Como dice Svante Pääbo, del Instituto Max Plank de Antropología Evolutiva de Alemania, en un artículo publicado en *Science*: "Sin lugar a dudas, la visión genómica de nuestro lugar en la naturaleza debe ser tanto una fuente de humildad como un golpe a la idea de la unicidad humana (...) Comprender que uno o unos cuantos accidentes genéticos hicieron posible la historia humana nos proporciona nuevos retos filosóficos en los que pensar". Para los marxistas, el genoma también tiene enormes implicaciones filosóficas.

LA CIENCIA Y LA DIALÉCTICA

En el lanzamiento londinense de la investigación para descifrar el código genético, Sir John Sulston, ex director del Sanger Center, describió el mapa genético humano como "un destacable acontecimiento en la era de la biología molecular". También afirmó: "Resulta increible que un organismo vivo se haya vuelto tan inteligente y haya creado máquinas tan inteligentes que pueda pensar sobre lo que está haciendo, que haya leido realmente el código, las instrucciones para hacerse a sí mismo. Es el tipo de cosas que vuelve locos a los filósofos si se paran a pensar en ello. En realidad es una paradoja superficial (...) pero es una realidad. Estamos empezando a comprender cómo funcionamos".

De hecho, si comparamos la marcha espectacular de la ciencia de nuestra época con las especulaciones filosóficas, éstas palidecen y pierden interés. Las hazañas de la humanidad han dejado muy por detrás el nivel general de su conciencia, que permanece atascada en un pasado bárbaro. Los nuevos descubrimientos dotan al género humano de inspiración y confianza en sí mismo. Nos proporcionan una visión de nosotros mismos, de qué somos y de dónde venimos, y quizás también de adónde vamos.

Sin embargo, a pesar de los despectivos comentarios de Sir John Sulston sobre la filosofía, todavía hay unas cuantas áreas donde sin duda sería beneficioso para los científicos tener conocimientos de verdadera filosofía. ¡Hay filosofías y filosofías! Muy poco de lo que hoy pasa por filosofía en las universidades es útil, para los científicos o para cualquiera. Pero hay una excepción honrosa y que espera aún el reconocimiento que merece: el materialismo dialéctico. Aunque muchos de los principios básicos del materialismo dialéctico han resurgido en los últimos años incorporados a la teoría del caos, nunca se le ha reconocido esta deuda. La dialéctica en la ciencia es, parafraseando a Oscar Wilde, la filosofía que no se atreve a decir su nombre. Esto es una pena porque el conocimiento del método dialéctico hubiera servido con toda certeza para evitar una serie de errores en los que la ciencia se ha perdido de vez en cuando, a resultas de suposiciones incorrectas. El genoma humano es uno de estos casos.

Por supuesto, no se trata de que la ciencia ande al dictado de una filosofía. Los resultados científicos deben estar determinados por sus propios métodos de investigación, observación y experimentación. Pero sería un error pensar que los científicos acometen su tarea sin concepciones filosóficas. Detrás de cada hipótesis hay muchas suposiciones, y no todas ellas derivan de la propia ciencia. El papel de la lógica formal, por ejemplo, se da por sentado. Tiene su importancia, pero también limitaciones muy concretas. Trotsky explicó que la relación entre la dialéctica y la lógica formal es similar a la que existe entre la matemática elemental y el cálculo. La gran ventaja de la dialéctica frente a la lógica formal es que la primera aborda las cosas en su movimiento y desarrollo y demuestra que todo avance se produce a través de contradicciones. Marx pronosticó que la línea evolutiva no seguía una línea recta, sino que largos perío-

dos de desarrollo lento (*stasis*, en terminología moderna) se ven interrumpidos por saltos bruscos y repentinos que rompen la continuidad e impulsan el proceso en una nueva dirección.

Tomemos un ejemplo. El método dialéctico explica que los pequeños cambios pueden, en un momento crítico, causar grandes transformaciones. Es la famosa ley de la transformación de la cantidad en calidad, elaborada en primer lugar por los antiguos filósofos griegos. Hegel la desarrolló completamente y Marx y Engels la dotaron de bases científicas (materialistas). La ciencia ha reconocido recientemente la importancia de esta ley en la teoría del caos. La última versión de esta teoría ("ubicuidad") ha demostrado que esta ley tiene carácter universal y que es de vital importancia en muchos de los procesos básicos de la naturaleza.

¿Por qué los genetistas creían que los humanos tenían más genes? En filosofía se conoce como *reduccionismo* y procede de creer que la naturaleza sólo conoce relaciones puramente cuantitativas. Esto es lo que se esconde detrás del determinismo biológico, que considera a los humanos como una colección de genes, y no como un organismo complejo producto de la interrelación dialéctica entre genes y entorno. Su forma de razonamiento se corresponde con la lógica formal, no con la dialéctica. Sus conclusiones son filosóficamente bastante inconsistentes; lógicas, pero equivocadas. Afirman que como los humanos somos más grandes y complejos que los gusanos, entonces debemos tener muchos más genes. Pero la naturaleza conoce muchos ejemplos de cambios cuantitativos que generan cambios cualitativos. Modificaciones muy pequeñas pueden producir cambios gigantescos. La aparente contradicción entre el tamaño y la complejidad de los humanos con nuestro relativamente pequeño número de genes sólo se puede explicar con esta ley. En este libro que tienes en tus manos analizamos extensamente ese método, en concreto su aplicación por Richard Dawkins en *El gen egoísta*.

En un artículo aparecido en la revista *Science*, Jean-Michel Claverie, del Centro Nacional Francés de Investigación de Marsella, señala que con un esquema combinatorio sencillo un organismo con treinta mil genes, como el ser humano, puede en principio ser infinitamente más complejo. Es un ejemplo perfecto de la transformación de la cantidad en calidad. El doctor Claverie sospecha que los humanos no estamos mucho más elaborados que algunas de nuestras creaciones. "Con treinta mil genes, cada uno interactuando directamente con otros cuatro o cinco por término medio, el genoma humano no es mucho más complejo que un moderno avión a reacción, que contiene más de doscientas mil piezas únicas, cada una de las cuales interactúa con otras tres o cuatro de media".

La exploración inicial del genoma sugiere que existen dos maneras específicas para que los humanos hayamos llegado a ser más complejos que los gusanos. Una procede del análisis de los llamados dominios proteicos. Las proteínas, las partes trabajadoras de la célula, a menudo son herramientas con múltiples usos, y cada sección diferente o dominio proteico puede jugar diferentes papeles. Muchos de los dominios proteicos son muy antiguos. Comparando los de la lombriz intestinal, la mosca del vinagre y las personas, sólo el siete por ciento de los

encontrados en los humanos no aparecen en la lombriz ni en la mosca, lo que hace pensar que "en el linaje de los vertebrados se han creado pocos dominios proteicos nuevos".

Lo más importante es comprender que pequeñas mutaciones genéticas pueden provocar grandes diferencias. Por ejemplo, la diferencia genética entre humanos y chimpancés es inferior al dos por ciento. Las últimas investigaciones han demostrado que tenemos más en común con los animales de lo que nos gustaría admitir. La mayor parte del material genético presente en los humanos modernos es muy antiguo e idéntico a los genes que se han encontrado incluso en la mosca del vinagre. ¡La naturaleza es inherentemente conservadora y economiza trabajo! Estos hechos son más que suficientes para acabar con ese disparate de los creacionistas de que el hombre fue creado por Dios el sexto día y la mujer fabricada a partir de una de sus costillas.

La materia orgánica evolucionó a partir de la inorgánica y las formas de vida más elevadas evolucionaron a partir de otras inferiores. Compartimos la mayoría de nuestros genes no sólo con monos y perros, sino con peces y moscas del vinagre. Pero no basta con afirmar esto. También es necesario explicar el proceso dialéctico que transforma una especie en otra. Últimamente está de moda diluir la diferencia entre los humanos y los otros animales. Evidentemente es una reacción exagerada contra la vieja idea del hombre como creación especial colocado por Dios por encima del resto de sus criaturas. También está de moda negar cualquier progreso, presumiblemente en interés de una "democracia" evolutiva mal entendida. Aunque la diferencia genética entre humanos y chimpancés sea inferior al dos por ciento, ¡qué diferencia! Es el salto dialéctico que transforma la cantidad en calidad. Pero desgraciadamente, la dialéctica sufre una conspiración de silencio en las universidades y es por tanto una completa desconocida para la mayoría de los científicos.

La explicación más probable de cómo generar más complejidad sin añadir más genes es la *complejidad combinatoria*, es decir, unas cuantas proteínas más pueden realizar muchas más combinaciones entre sí y provocar un *cambio cualitativo*. Todavía hay que investigar mucho más, pero está claro que la solución final se encontrará por este camino.

LOS AGUJEROS NEGROS Y LA UNIDAD DE CONTRARIOS

Uno de los descubrimientos más notorios de los últimos tiempos está relacionado con los agujeros negros, esos cuerpos celestes monstruosos en los que la compresión de la materia y la fuerza de la gravedad han alcanzado tal punto que ni siquiera la luz puede escapar. Absorben toda la materia circundante y nada se les puede aproximar sin que lo aplasten y devoren.

En los últimos años los agujeros negros han ocupado un lugar central en las discusiones de cosmólogos y físicos. Sin embargo, hasta hace poco la información

concreta sobre ellos era muy limitada. En vista de la escasez de evidencias serias y las interpretaciones desconcertantes de algunos escritores, inicialmente adoptamos una actitud bastante distante. Pero el lanzamiento del telescopio *Hubble* ha representado un salto cualitativo.

Hace pocos años, los agujeros negros eran considerados acontecimientos casi anormales y su naturaleza era un misterio. Los científicos que los estudiaban estaban absolutamente perplejos. Pero los recientes descubrimientos del *Hubble* han demostrado que no son un fenómeno accidental o extraño, más bien todo lo contrario: son necesarios, ubicuos y juegan un papel fundamental en la formación de las galaxias. No son excepcionales, sino que se encuentran en el centro de *toda* galaxia.

Los científicos descubrieron que la masa de un agujero negro representa el cincuenta por ciento de la masa total de su galaxia. Había también una relación entre el tamaño del agujero negro y la velocidad de las estrellas que se encuentran en los límites de la galaxia. Esta simetría sugiere que las galaxias necesitan, o necesitaron, de los agujeros negros. Aunque actualmente no parece haber ningún vínculo entre ambos, los científicos sí creen que existió en el pasado y que los agujeros negros tuvieron un papel importante en la formación de las galaxias.

Aquello que en principio se suponía era una fuerza puramente destructiva, ahora resulta ser una fuerza creadora, un elemento que reside en el centro de cada galaxia, manteniéndola unida y dándole cohesión, esencial para toda vida y para nosotros mismos.

Como dice el profesor Joseph Silk, de la Universidad de Oxford: "Pensamos en los agujeros negros como algo con influencias destructivas para todo lo que les rodea. Y resulta que son creadores y tienen un impacto muy positivo en la formación de las galaxias". De esta forma, la fuerza más destructiva del universo resulta tener poderes creadores colosales. *La concepción dialéctica de la unidad y lucha de contrarios ha recibido una poderosa confirmación de la fuente más inesperada.*

EL 'BIG BANG' Y EL TELESCOPIO HUBBLE

Una de las secciones más controvertidas del libro es la dedicada a la teoría del *big bang*. Desde su publicación, se han producido nuevos y sorprendentes descubrimientos astronómicos que permiten adentrarse más y más en el universo. El telescopio *Hubble* es el ejemplo más importante. Su objetivo era demostrar los orígenes de las estrellas, las galaxias y el propio universo, y de esta forma resolver el gran debate sobre la edad de éste.

Sabemos que la luz de las galaxias lejanas tarda mucho tiempo en llegar a la Tierra, a pesar de la velocidad a que viaja. Lo que vemos en el cielo nocturno no es lo que existe ahora, sino lo que existió en el pasado. Así, cuanto más distantes estén los objetos que observamos, más atrás en el tiempo estamos mirando. Si la

edad del universo es realmente 12.000 millones de años, entonces en algún momento deberíamos ser capaces de observar el *big bang*, o al menos encontrar alguna prueba concluyente del mismo.

Lo que el *Hubble* encontró fue toda una revelación, pero no era lo que buscaban. Los astrónomos creían desde hace tiempo que las estrellas se formaban cuando las nubes de gas se hundían en un centro de gravedad. Ahora, al alcanzar el *Hubble* una estas enormes nubes, la nebulosa del Águila, han tenido la oportunidad única de ver qué ocurrió en realidad. Los resultados fueron espectaculares. Los astrónomos han visto por vez primera los lugares donde nacieron las estrellas. El *Hubble* mostró grandes columnas de gas, miles de billones de ellas, por todos lados. En la profundidad de estas grandes columnas se encontraron señales indicadoras de estrellas en proceso de formación.

Antes del *Hubble*, ningún telescopio pudo mirar tan atrás como 12.000 millones de años, para intentar encontrar una respuesta. En teoría, el universo evolucionó lentamente y pasaron miles de millones de años antes de la formación de las primeras galaxias. Estas ideas se pusieron a prueba por primera vez con una extraordinaria observación llamada *Hubble Deep Field*. Se tardó cinco años, pero finalmente, en mayo de 1999, calcularon que la edad del universo era de 12.000 millones de años, una cifra coherente con la teoría del *big bang*.

En un claro trozo de cielo, el *Hubble* reveló una visión espectacular. Galaxias nunca vistas antes, casi tan viejas como el propio universo. John Trauger, uno de los científicos participantes, dijo: "Se han visto aproximadamente 4.000 galaxias en un trozo de cielo de tamaño equivalente al de un grano de arena respecto a un brazo, y sólo se puede decir que estamos viendo los primeros destellos, las luces iniciales de las primeras estrellas del universo".

Rápidamente aparecieron las contradicciones. Los astrónomos estaban asombrados porque esas galaxias *estaban completamente formadas*. Ed Weiler, otro miembro del equipo, comentó: "No veíamos galaxias en proceso de formación. Veíamos galaxias perfectamente formadas. No era lo que esperábamos. El resultado nos ha demostrado que no estamos mirando suficientemente atrás, no estamos mirando lo suficientemente lejos en el espacio. En lugar de ver bebés recién nacidos, hemos visto niños de uno, dos o diez años de edad. No hemos visto niños de un día, o de una o dos horas. Toda una sorpresa".

¡Una buena sorpresa! ¿Cómo podían existir galaxias perfectamente formadas en el mismo momento en que se suponía se formó el universo? Lejos de resolver el problema de la edad del universo, *el Hubble ha revelado nuevas contradicciones que no encuentran solución.*

Ahora esperan a la próxima generación de telescopios espaciales que seguirán al *Hubble*, para demostrar la llamada Edad Oscura del universo. Estos nuevos y más poderosos telescopios recorrerán grandes distancias por el espacio y deberían proporcionar una imagen más detallada y clara del universo. Los científicos esperan ver galaxias en plena formación, lo que proporcionaría pruebas concluyentes a favor de la teoría del *big bang*.

Por nuestra parte, damos la bienvenida a esta nueva época de la investigación porque sacará el debate sobre el *big bang* del reino de la teorización abstracta y los modelos matemáticos, para llevarlo al terreno de la observación práctica.

Nosotros, aquí y ahora, pronosticamos que se llevarán nuevas sorpresas: no el *big bang*, sino *solamente galaxias y más galaxias extendiéndose hasta el infinito.*

LA DIALÉCTICA DEL OPTIMISMO

Con frecuencia se nos ha acusado de ser unos optimistas incorregibles. Pues bien, nos declaramos culpables. Los marxistas somos optimistas por naturaleza. Pero nuestro optimismo no es artificial, sino que está arraigado en dos cosas: la filosofía del materialismo dialéctico y nuestra confianza en la clase obrera y el futuro socialista de la humanidad.

La dialéctica nos enseña a mirar más allá de lo inmediato, a penetrar más allá de la aparente calma y estabilidad y ver las contradicciones que bullen incesantemente debajo de la superficie. Estamos imbuidos por la idea del cambio constante; tarde o temprano, todo se transforma en su contrario. El sistema capitalista, junto con su moral, política y lo que algunas veces pasa por filosofía, no es eterno. En realidad es muy reciente, con un pasado turbulento, un presente inestable y sin futuro. Por supuesto que los defensores del sistema no comparten esta perspectiva. ¡Tanto peor para ellos!

El creciente interés por el marxismo es la mejor recompensa que podíamos esperar. En los diez años transcurridos desde la caída de la Unión Soviética hemos presenciado una ofensiva ideológica sin precedentes contra las ideas marxistas. Pero en la sociedad, como ocurre en la mecánica clásica, cada acción tiene una reacción igual pero de sentido contrario.

El colapso del estalinismo no fue el final de la historia, sino el primer acto de un drama que debe terminar en una crisis general del capitalismo mundial. No pasará mucho tiempo hasta que estalle la burbuja de euforia que se infló tras la caída del Muro de Berlín.

Diez años después, la burguesía se encuentra en un callejón sin salida. Sus planes fracasan en todos los frentes. En lugar del antiguo entusiasmo, encontramos un sentimiento general de incertidumbre. El capitalismo ha demostrado en todas partes su naturaleza reaccionaria.

A escala mundial, la situación es cada vez más volátil. La rebelión de las fuerzas productivas contra las camisas de fuerza que representan la propiedad privada y el estado nacional se puede ver en la actual crisis económica, que prepara el camino para una recesión global. El miedo de los estrategas del capital se puede ver en un artículo tras otro.

La inestabilidad subyacente se refleja en la oleada de manifestaciones "anticapitalistas" que acompañan a cada reunión del FMI y otras instituciones. Demuestran la existencia de un fermento entre la juventud. En esta etapa, los pro-

tagonistas son sobre todo jóvenes de la pequeña burguesía. Siempre es así en los inicios del movimiento. Los estudiantes son un barómetro muy sensible para medir las contradicciones sociales. Las actuales manifestaciones están encendiendo las luces de alarma y presagian la tormenta.

La naturaleza contradictoria de la situación actual es una expresión de que nos encontramos en una etapa transitoria. En el llamado Tercer Mundo, un país tras otro está en situación de fermento revolucionario o prerrevolucionario. No hay estabilidad en ninguna parte. Es verdad que en los países capitalistas industrializados el proletariado todavía no ha entrado de una forma decisiva en acción, pero todo cambiará. El problema principal es la horrible degeneración de los dirigentes obreros en todo el mundo. Trotsky señaló que la crisis de la humanidad se reduce a la crisis de la dirección proletaria. Sus palabras son hoy más correctas que nunca. En todos los países se está abriendo un abismo absoluto entre las clases y, dentro de la clase obrera, entre los trabajadores y los dirigentes sindicales que han girado a la derecha.

Pero esto también tiene sus límites. Una vez empiece a soplar el fresco viento de la lucha, la psicología de la clase obrera cambiará. El largo auge económico de EEUU ofrecía aparentemente la posibilidad de encontrar soluciones individuales, trabajando duro, haciendo horas extras, etc. Pero el inicio de la recesión pinchará la burbuja y hará que la gente se cuestione el sistema. En realidad, este cuestionamiento del capitalismo ya ha comenzado y se intensificará en el turbulento período en el que estamos entrando. Una vez la clase obrera comience a moverse, el ambiente cambiará rápidamente. Lo que aparentemente era fijo e inmutable se desvanecerá en el aire y obligará a hombres y mujeres a buscar una salida por un camino diferente.

Esta salida sería mucho más fácil si los trabajadores y jóvenes avanzados estuvieran armados con las doctrinas científicas del marxismo, y especialmente con el materialismo dialéctico. Esta es la filosofía más moderna de todas, una filosofía que se corresponde perfectamente con las necesidades del siglo XXI. Proporciona todas las herramientas necesarias para analizar y comprender la realidad, para entender la vida no como una serie aburrida e inconexa de "hechos" o acontecimientos sin sentido, sino como un proceso dinámico, impulsado por sus contradicciones internas, en constante cambio y con un contenido infinitamente rico.

Lo más importante de todo es que esta filosofía ha salido de los estudios eruditos para asomarse a la luz del día. Es una filosofía que lleva a la acción; de hecho, es impensable sin ella. Es la filosofía de la revolución socialista, la filosofía del futuro, que inscribe sobre su bandera las palabras proféticas del joven Marx:

"Los filósofos se han limitado a interpretar el mundo, ahora de lo que se trata es de transformarlo".

Londres, 7 de julio de 2001

RAZÓN Y REVOLUCIÓN

FILOSOFÍA MARXISTA
Y CIENCIA MODERNA

Alan Woods y Ted Grant

PRIMERA PARTE: RAZÓN Y SINRAZÓN

1. Introducción

Vivimos en un período de profundo cambio histórico. Después de cuatro décadas de crecimiento económico sin precedentes, la economía de mercado está alcanzando sus límites. En sus inicios, el capitalismo, a pesar de sus crímenes bárbaros, revolucionó las fuerzas productivas, sentando así las bases para un nuevo sistema de sociedad. La Primera Guerra Mundial y la Revolución Rusa marcaron un cambio decisivo en el papel histórico del capitalismo. Pasó de hacer avanzar las fuerzas productivas a ser un freno gigantesco al desarrollo económico y social. El período de auge en Occidente entre 1948 y 1973 pareció anunciar un nuevo amanecer. Incluso así, sólo se beneficiaron un puñado de países capitalistas desarrollados; para el Tercer Mundo, dos tercios de la humanidad, el panorama fue un cuadro de desempleo masivo, pobreza, guerras y explotación a una escala sin precedentes. Este período del capitalismo finalizó con la llamada "crisis del petróleo" de 1973-74. Desde entonces no han conseguido volver al nivel de crecimiento y empleo logrado en la posguerra.

Un sistema social en declive irreversible se expresa en decadencia cultural. Esto se refleja de diversas formas. Se está extendiendo un ambiente general de ansiedad y pesimismo ante el futuro, especialmente entre la intelectualidad. Aquellos que ayer rebosaban confianza sobre la inevitabilidad del progreso humano, ahora sólo ven oscuridad e incertidumbre. El siglo XX se acerca a su fin habiendo sido testigo de dos guerras mundiales terribles, del colapso económico en el período de entreguerras y de la pesadilla del fascismo. Esto ya supuso una seria advertencia de que la fase progresista del capitalismo había terminado.

La crisis del capitalismo no es simplemente un fenómeno económico, impregna todos los niveles de la vida. Se refleja en la especulación y la corrupción, la drogadicción, la violencia, el egoísmo generalizado, la indiferencia ante el sufrimiento de los demás, la desintegración de la familia burguesa, la crisis de la moral, la cultura y la filosofía burguesas. ¿Cómo podría ser de otra manera? Uno de los síntomas de un sistema social en crisis es que la clase dominante siente cada vez más que es un freno al desarrollo de la sociedad.

Marx señaló que las ideas dominantes en una sociedad son las ideas de la clase dominante. En su época de esplendor, la burguesía no sólo jugó un papel progresista al hacer avanzar las fronteras de la civilización, sino que era plenamente consciente de ello. Ahora los estrategas del capital están saturados de pesimismo. Son los representantes de un sistema históricamente condenado, pero no pueden reconciliarse con esa situación. Esta contradicción central es el factor decisivo que pone su impronta sobre la actual forma de pensar de la burguesía. Lenin dijo en una ocasión que un hombre al borde de un precipicio no razona.

RETRASO DE LA CONCIENCIA

Contrariamente a los prejuicios del idealismo filosófico, la conciencia humana es en general extraordinariamente conservadora y tiende siempre a ir por detrás del desarrollo de la sociedad, la tecnología y las fuerzas productivas. Como decía Marx, el hábito, la rutina y la tradición pesan como una losa sobre las mentes de hombres y mujeres, quienes, en períodos históricos "normales" y por instinto de conservación, se agarran con obstinación a los senderos bien conocidos, cuyas raíces se hallan en un pasado remoto de la especie humana. Sólo en períodos excepcionales de la historia, cuando el orden social y moral empieza a resquebrajarse bajo el impacto de presiones insoportables, la mayoría de la gente comienza a cuestionar el mundo en que nació y a dudar de las creencias y los prejuicios de toda la vida.

Así fue la época del nacimiento del capitalismo, anunciado en Europa por un gran despertar cultural y una regeneración espiritual tras la larga hibernación feudal. En el período histórico de su ascenso, la burguesía desempeñó un papel progresista no sólo por desarrollar las fuerzas productivas, que aumentaron enormemente el control del hombre sobre la naturaleza, sino también por potenciar la ciencia, la cultura y el conocimiento humano. Lutero, Miguel Ángel, Leonardo, Durero, Bacon, Kepler, Galileo y un sinfín de pioneros de la civilización brillan como una galaxia que ilumina el avance de la cultura humana y la ciencia, fruto de la Reforma y el Renacimiento. Sin embargo, períodos revolucionarios como ése no nacen sin traumas —la lucha de lo nuevo contra lo viejo, de lo vivo contra lo muerto, del futuro contra el pasado—.

El ascenso de la burguesía en Italia, Holanda y más tarde en Francia fue acompañado por un florecimiento extraordinario de la cultura, el arte y la ciencia. Habría que volver la mirada hacia la Atenas clásica para encontrar un precedente. Sobre todo en aquellas tierras donde la revolución burguesa triunfó en los siglos XVII y XVIII, el desarrollo de las fuerzas productivas y la tecnología se vio acompañado por un desarrollo paralelo de la ciencia y el pensamiento, que minó de forma decisiva el dominio ideológico de la Iglesia.

En Francia, el país clásico de la revolución burguesa en su expresión política, la burguesía llevó a cabo su revolución, en 1789-93, bajo la bandera de la Razón.

Mucho antes de derribar las formidables murallas de la Bastilla era menester destruir en la mente de hombres y mujeres las murallas invisibles pero no menos formidables de la superstición religiosa. En su juventud revolucionaria, la burguesía francesa era racionalista y atea. Pero una vez instalada en el poder se apresuró a tirar por la borda el bagaje ideológico de su juventud, al verse enfrentada con una nueva clase revolucionaria.

No hace mucho, Francia celebró el bicentenario de su gran revolución. Resultó curioso ver cómo incluso la memoria de una revolución que tuvo lugar hace dos siglos provoca un hondo malestar en las filas del *establishment*. La actitud de la clase dominante gala hacia su propia revolución se parece a la de un viejo libertino que pretende ganar un pase a la respetabilidad, y quizá la entrada en el reino de los cielos, arrepintiéndose de los pecados de juventud que ya no está en condiciones de repetir. Al igual que toda clase privilegiada establecida, la burguesía intenta justificar su existencia no sólo ante la sociedad, sino también ante sí misma. La búsqueda de puntos de apoyo ideológicos que le sirvieran para justificar el *statu quo* y santificar las relaciones sociales existentes le llevó rápidamente a volver a descubrir los encantos de la Santa Madre Iglesia, particularmente después del terror mortal que experimentó en tiempos de la Comuna de París. La iglesia del Sacré Coeur, en París, es una expresión concreta del miedo de la burguesía a la revolución, traducido al lenguaje del filisteísmo arquitectónico.

Marx (1818-83) y Engels (1820-95) explicaron que la fuerza motriz fundamental de todo progreso humano reside en el desarrollo de las fuerzas productivas: la industria, la agricultura, la ciencia y la tecnología. Esta es una generalización teórica verdaderamente profunda, sin la cual la comprensión de la historia de la humanidad resulta imposible. No obstante, esto no significa, como han intentado demostrar los detractores deshonestos o ignorantes del marxismo, que Marx "reduce todo a lo económico". El materialismo dialéctico y el materialismo histórico tienen plenamente en cuenta fenómenos como la religión, el arte, la ciencia, la moral, las leyes, la política, la tradición, las características nacionales y todas las múltiples manifestaciones de la conciencia humana. Pero no sólo eso. También demuestran el contenido real de estos fenómenos y cómo se relacionan con el auténtico desarrollo social, que en última instancia depende claramente de su capacidad para reproducir y mejorar las condiciones materiales para su existencia. Sobre este tema, Engels escribe lo siguiente:

"Según la concepción materialista de la historia, el elemento determinante de la historia es *en última instancia* la producción y la reproducción en la vida real. Ni Marx ni yo hemos afirmado nunca más que esto; por consiguiente, si alguien lo tergiversa transformándolo en la afirmación de que el elemento económico es el *único* determinante, lo transforma en una frase sin sentido, abstracta y absurda. La situación económica es la base, pero las diversas partes de la superestructura —las formas políticas de la lucha de clases y sus consecuencias, las constituciones establecidas por la clase victoriosa después de ganar la batalla, etc.—, las formas jurídicas —y, en consecuencia, inclusive los reflejos de todas esas luchas rea-

les en los cerebros de los combatientes: teorías políticas, jurídicas, ideas religiosas y su desarrollo ulterior hasta convertirse en sistemas de dogmas— también ejercen su influencia sobre el curso de las luchas históricas y en muchos casos preponderan en la determinación de su *forma*"*[1].

A algunos les parecerá una paradoja la afirmación del materialismo histórico de que en general la conciencia humana tiende a ir por detrás del desarrollo de las fuerzas productivas. Sin embargo encuentra una expresión gráfica en Estados Unidos, el país donde los avances científicos han alcanzado su más alto grado. El avance continuo de la tecnología es una condición previa para el establecimiento de la verdadera emancipación de los seres humanos, mediante la implantación de un sistema socioeconómico racional en el que ejerzan el control consciente sobre sus vidas y su entorno. Aquí, el contraste entre el desarrollo vertiginoso de la ciencia y la tecnología y el extraordinario atraso del pensamiento humano se manifiesta de la manera más llamativa.

En EEUU, nueve de cada diez personas creen en la existencia de un ser supremo, y siete de cada diez en la vida después de la muerte. Cuando al primer astronauta norteamericano que logró circunnavegar la Tierra en una nave espacial se le invitó a dar un mensaje a los habitantes del planeta, hizo una elección significativa. De toda la literatura mundial eligió la primera frase del libro del *Génesis*: "En el principio creó Dios los cielos y la Tierra". Este hombre, sentado en una nave espacial producto de la tecnología más avanzada de toda la historia, tenía la mente repleta de las supersticiones y los fantasmas heredados, con pocos cambios, desde los tiempos prehistóricos.

Hace 70 años, en el notorio "juicio del mono", un maestro llamado John T. Scopes fue declarado culpable de violar las leyes de Tennessee por haber enseñado la teoría de la evolución. De hecho, el tribunal confirmó las leyes antievolucionistas de dicho Estado, que no se abolieron hasta 1968, cuando el Tribunal Supremo de EEUU dictaminó que la enseñanza de la Creación violaba la prohibición constitucional de la enseñanza de la religión en la escuela pública. Desde entonces, los creacionistas han cambiado su táctica e intentan convertir el creacionismo en una "ciencia". En este empeño gozan del apoyo no sólo de un amplio sector de la opinión pública, sino también de bastantes científicos dispuestos a ponerse al servicio de la religión en su forma más cruda y oscurantista.

En 1981, los científicos estadounidenses hicieron uso de las leyes del movimiento planetario de Kepler para lanzar una nave espacial al encuentro con Saturno. El mismo año, un juez norteamericano tuvo que declarar anticonstitucional una ley aprobada en Arkansas que obligaba a las escuelas a tratar en pie de igualdad la mal llamada "ciencia de la Creación" y la teoría de la evolución. Entre otras

---

* Por razones de conveniencia, donde se cita la misma obra varias veces seguidas hemos puesto el número de referencia al final de la última cita.

1. Carta de Engels a J. Bloch (21/9/1890), en Marx y Engels, *Correspondencia*, pp. 394-95.

cosas, los creacionistas exigieron el reconocimiento del diluvio universal como un agente geológico primigenio. En el transcurso del juicio, los testigos de la defensa expresaron una creencia ferviente en la existencia de Satanás y en la posibilidad de que la vida hubiese sido traída a la Tierra a bordo de meteoritos, explicándose la diversidad de especies por un tipo de servicio a domicilio cósmico. Al final del juicio, N. K. Wickremasinge, de la Universidad de Gales, afirmó que los insectos podrían ser más inteligentes que los humanos, aunque "no sueltan prenda (...) porque les va estupendamente"[2].

El grupo de presión fundamentalista religioso en EEUU tiene un apoyo masivo, senadores incluidos, y acceso a fondos ilimitados. Embusteros evangelistas se hacen ricos desde emisoras de radio con una audiencia de millones de personas. Que en la última década del siglo XX y en el país tecnológicamente más avanzado de toda la historia haya un gran número de hombres y mujeres con educación, incluidos científicos, dispuestos a luchar por la idea de que el libro del *Génesis* es cierto palabra por palabra —que el universo fue creado en seis días hace aproximadamente 6.000 años— es de por sí un ejemplo impresionante del funcionamiento de la dialéctica.

"LA RAZÓN SE VUELVE SINRAZÓN"

El período en que la burguesía sostenía una visión racional del mundo es sólo un vago recuerdo. En la época de la degeneración senil del capitalismo, los procesos anteriores se han convertido en sus contrarios. En palabras de Hegel, "la Razón se vuelve Sinrazón". Es verdad que en los países industrializados las iglesias están vacías y la religión "oficial" está moribunda y cada vez más en crisis, pero en su lugar vemos una auténtica "plaga egipcia" de peculiares sectas religiosas, acompañadas por un florecimiento del misticismo y de todo tipo de supersticiones. La espantosa epidemia de fundamentalismo religioso (cristiano, judío, islámico, hindú) es una manifestación gráfica del *impasse* de la sociedad. En vísperas del nuevo siglo, somos testigos de horripilantes retrocesos a la barbarie.

Este fenómeno no se limita a Irán, India o Argelia. En EEUU vimos la masacre de Waco y en Suiza el suicidio colectivo de otro grupo de fanáticos religiosos. En otros países occidentales se observa una proliferación incontrolada de sectas religiosas, supersticiones, astrología y un sinfín de tendencias irracionales. En Francia hay aproximadamente 36.000 sacerdotes católicos y más de 40.000 astrólogos profesionales que declaran sus ingresos a Hacienda. Hasta hace poco, Japón parecía ser una excepción a la regla. William Rees-Mogg, ex editor del *Times* de Londres y ultraconservador, en su último libro, *The Great Reckoning. How the World Will Change in the Depression of the 1990s* (El gran ajuste de cuentas. Cómo cambiará el mundo en la depresión de los años 90), escribe:

2. *The Economist*, 9/1/82.

"El resurgimiento de la religión es algo que se da en todo el mundo a distintos niveles. Japón puede ser una excepción, quizás porque allí el orden social aún no ha dado muestras de romperse"[3]. Rees-Mogg habló demasiado pronto. Dos años después de escribir esas palabras, el espeluznante ataque con gas en el metro de Tokio llamó la atención del mundo sobre la existencia de nutridos grupos de fanáticos religiosos incluso en Japón, donde la crisis económica ha puesto fin a un largo período de pleno empleo y estabilidad social. Todos estos fenómenos guardan un paralelismo muy llamativo con lo ocurrido durante la decadencia del Imperio Romano. Y que nadie objete que semejantes cosas están confinadas a sectores marginales de la sociedad. Ronald y Nancy Reagan consultaron regularmente a astrólogos acerca de todas sus acciones, grandes o pequeñas. He aquí un par de extractos del libro de Donald Regan *Para que conste*, citado en *People Magazine* (23/5/88):

"Prácticamente, cada decisión importante que tomaron los Reagan durante mi estancia como jefe de personal en la Casa Blanca tuvo que contar con el visto bueno de una mujer de San Francisco que elaboraba horóscopos, para garantizar que los planetas estuvieran en una alineación favorable para la empresa. Nancy Reagan parecía tener una fe absoluta en los poderes clarividentes de esta mujer, que había predicho que *algo* malo iba a ocurrirle al presidente poco antes de que fuese herido en un atentado en 1981.

"Aunque nunca conocí a esta adivinadora —la señora Reagan me pasaba sus pronósticos tras haber consultado telefónicamente con ella—, se había convertido en tal factor para mi trabajo y para los asuntos más importantes del Estado, que en un momento determinado mantuve encima de mi mesa un calendario con un código de color —los números marcados en tinta verde significaban días 'buenos'; los rojos, días 'malos'; los amarillos, días 'problemáticos'— para ayudarme a recordar cuándo era propicio que el presidente de Estados Unidos se desplazase de un lugar a otro, o arreglar sus intervenciones públicas, o comenzar negociaciones con una potencia extranjera.

"Antes de mi llegada a la Casa Blanca, Mike Deaver había sido quien integraba los horóscopos de la señora Reagan en el plan de trabajo presidencial. (...) Da medida de su discreción y lealtad el que pocos supieran en la Casa Blanca que la señora Reagan era parte del problema [de los retrasos en los planes de trabajo] —y mucho menos que una astróloga de San Francisco estuviese aprobando los detalles de los del Presidente—. Deaver me dijo que la dependencia de la señora Reagan de lo oculto se remontaba por lo menos al período en que su marido había sido gobernador, cuando ella se fiaba de los consejos de la célebre Jeane Dixon. Posteriormente perdió confianza en los poderes de la Dixon. Pero la fe de la Primera Dama en el talento clarividente de la mujer de San Francisco era, aparentemente, ilimitado. Según parece, Deaver había dejado de pensar que hubiese

3. W. Rees-Mogg, *The Great Reckoning. How the World Will Change in the Depression of the 1990s*, p. 445.

algo raro acerca de esta sesión espiritista flotante establecida desde hacía tiempo. (...) Para él, tan sólo era uno de los pequeños problemas de la vida de un servidor de los grandes. 'Por lo menos', dijo, 'esta astróloga no está tan chalada como la anterior".

Las indicaciones de la vidente de la familia se tuvieron en cuenta para planificar la cumbre Reagan-Gorbachov, pero las cosas entre las dos primeras damas no salieron bien porque... ¡se desconocía la fecha de nacimiento de Raisa! El movimiento hacia la economía de "libre mercado" en Rusia desde aquel entonces ha concedido a ese desafortunado país las bendiciones de la civilización capitalista: paro masivo, desintegración social, prostitución, mafias, una ola de crimen sin precedentes, drogas y religión. Hace poco salió a la luz que el propio Yeltsin consulta astrólogos. También en este aspecto la naciente burguesía rusa se ha revelado como una buena alumna de sus maestros occidentales.

El ambiente general de desorientación y pesimismo encuentra su reflejo en muchos terrenos no estrictamente políticos. La irracionalidad general no es ningún accidente. Es el reflejo psicológico de un mundo donde el destino de la humanidad está dominado por fuerzas terroríficas y aparentemente invisibles. Contemplemos el pánico que cunde repentinamente en las bolsas: "respetables" hombres y mujeres echan a correr ciegamente, como las hormigas cuando les rompen el hormiguero. Estos espasmos periódicos, parecidos al pánico de una estampida, son una ilustración gráfica de la anarquía del capitalismo. Y esto es lo que determina la vida de millones de personas. Vivimos en una sociedad en declive. La decadencia es evidente por todas partes. Los reaccionarios conservadores se lamentan de la desintegración de la familia, la epidemia de droga, la violencia sin sentido, los crímenes y demás. Su única respuesta es la intensificación de la represión estatal —más policía, más cárceles, castigos más brutales e, incluso, la investigación genética de supuestos "tipos criminales"—. Lo que no pueden o no quieren ver es que estos fenómenos son los síntomas del callejón sin salida del sistema social que ellos representan.

Son los defensores de las "fuerzas del mercado", las mismas fuerzas irracionales que actualmente condenan a millones de personas al desempleo. Son los profetas de la política económica del monetarismo, bien definida por John Galbraith como la teoría que afirma que los pobres tienen demasiado dinero y los ricos demasiado poco. La "moral" reinante es la del mercado, es decir, la de la selva. La riqueza de la sociedad se concentra en cada vez menos manos, a pesar de toda la demagogia barata sobre una "democracia de propietarios". Se supone que vivimos en una democracia. No obstante, un puñado de grandes bancos, monopolios y especuladores —por lo general la misma gente— decide el destino de millones de personas. Esta pequeña minoría posee medios poderosos para manipular a la opinión pública. Dispone del monopolio de los medios de comunicación (prensa, radio y televisión) y de una policía espiritual, la Iglesia, que durante generaciones ha enseñado a la gente a buscar la salvación en el otro mundo.

LA CIENCIA Y LA CRISIS DE LA SOCIEDAD

Hasta hace poco parecía que el mundo de la ciencia se mantenía al margen del declive general del capitalismo. Los milagros de la tecnología moderna conferían un prestigio colosal a los científicos, que aparentemente gozaban de cualidades casi mágicas. La autoridad que disfrutaba la comunidad científica aumentaba en la misma proporción en que sus teorías se volvían más incomprensibles para la mayoría de la gente, incluida la más educada. Sin embargo, los científicos son mortales que viven en el mismo mundo que nosotros. Como tales, pueden estar influidos por ideas corrientes, filosofías, políticas y prejuicios, por no hablar de intereses materiales a veces muy sustanciosos.

Durante mucho tiempo se supuso que los científicos, sobre todo los físicos teóricos, eran gente especial muy por encima de los seres humanos corrientes y dueños de los misterios del universo negados al resto de los mortales. Este mito del siglo XX se ve muy bien en aquellas viejas películas de ciencia-ficción en las que la Tierra estaba siempre amenazada con la aniquilación por parte de extraterrestres (en la práctica, la amenaza para el futuro de la humanidad proviene de una fuente bastante más cercana, pero ésta es otra historia). En el último momento, siempre se presentaba un hombre con bata blanca que escribía en una pizarra una ecuación complicada, solucionando así el problema.

La verdad es un tanto diferente. Los científicos y otros intelectuales no son inmunes a las tendencias generales de la sociedad. Que la mayoría de ellos se declaren indiferentes ante la política y la filosofía sólo quiere decir que caen presa más fácilmente de los prejuicios comunes que les rodean. Con demasiada frecuencia sus ideas pueden ser utilizadas para apoyar las posturas políticas más reaccionarias. Esto queda patente con claridad meridiana en el campo de la genética, donde se ha producido una auténtica contrarrevolución, especialmente en EEUU. Mediante supuestas teorías científicas, se intenta "demostrar" que la causa de la criminalidad no está en las condiciones sociales, sino en un "gen criminal". Se afirma que las desventajas que sufren los negros no se deben a la discriminación, sino a sus genes. Argumentos similares se emplean para los pobres, las madres solteras, las mujeres, los homosexuales, etc. Por supuesto, semejante "ciencia" resulta muy conveniente para un Congreso con mayoría republicana que pretende llevar a cabo recortes brutales en los gastos sociales.

Este libro trata de filosofía —y específicamente de la filosofía del marxismo, el materialismo dialéctico—. No corresponde a la filosofía decirle a los científicos lo que tienen que pensar o escribir, al menos cuando escriben de ciencia. Pero los científicos se han acostumbrado a expresar opiniones acerca de muchas cosas: filosofía, religión, política. Están en su pleno derecho. Pero cuando se esconden detrás de sus credenciales científicas para defender puntos de vista erróneos y reaccionarios en el terreno filosófico, es hora de poner las cosas en su sitio. Esos pronunciamientos no permanecen entre un puñado de catedráticos. Son enarbola-

dos por políticos de derechas, racistas y fanáticos religiosos que intentan cubrirse el trasero con argumentos pseudocientíficos.

Algunos científicos se quejan de que no se les entiende. No es su intención armar con argumentos a charlatanes místicos y a embusteros políticos. Quizás. Pero en este caso son culpables de una gran negligencia o, por lo menos, de una increíble ingenuidad. Por otro lado, los que se aprovechan de las opiniones filosóficas erróneas de estos científicos no pueden ser acusados de ingenuidad. Saben exactamente lo que hacen. Rees-Mogg afirma que "en un momento en que la religión del consumismo secular se está quedando atrás como un barco hundido, volverán a surgir religiones más duras que invoquen principios morales auténticos y a los dioses de la ira. *Por primera vez en siglos, las revelaciones de la ciencia parecerán realzar más que minar la dimensión espiritual de la vida*". Para Rees-Mogg, la religión es, junto con la policía y las cárceles, un arma útil para mantener a los oprimidos en su lugar. Su franqueza al respecto resulta encomiable:

"Cuanto menor es la posibilidad de un ascenso social, más lógico es que los pobres adopten una visión ilusoria y anticientífica del mundo. En lugar de la tecnología, recurren a la magia. En lugar de la investigación independiente, eligen la ortodoxia. En lugar de la historia, prefieren el mito. En lugar de la biografía, veneran a héroes. Y como norma, sustituyen las lealtades familiares por la honradez impersonal que requiere el mercado"[4].

Dejemos de lado la observación inconscientemente cómica acerca de la "honestidad impersonal" del mercado y centremos nuestra atención en el meollo del argumento. Por lo menos Rees-Mogg no intenta ocultar sus auténticas intenciones ni su postura clasista. He aquí una franqueza total en boca de un defensor de la clase dominante. La creación de una subclase de pobres y parados, principalmente negros viviendo en chabolas, representa una amenaza potencialmente explosiva para el orden existente. Afortunadamente para "nosotros", los pobres son ignorantes. Hay que mantenerlos en la ignorancia y animarlos en sus ilusiones religiosas y supersticiones, que nosotros, las clases "instruidas", naturalmente no compartimos. Este mensaje no es nuevo. Los ricos y poderosos han cantado la misma canción durante siglos. Pero lo que es significativo es la referencia a la ciencia, que según Rees-Mogg ahora se ve por primera vez como una aliada importante de la religión.

Hace poco, el Premio Templeton para el Progreso de la Religión (130 millones de pesetas) fue adjudicado al físico teórico Paul Davies por haber demostrado "una originalidad extraordinaria" promoviendo la comprensión de la humanidad acerca de Dios o la espiritualidad. La lista de otros premiados en el pasado incluye a Alexander Solzhenitsyn, la Madre Teresa de Calcuta, el evangelista Billy Graham y Charles Colson, uno de los antiguos ladrones del escándalo Watergate ahora convertido en predicador. Davies, autor de libros como *Dios y la nueva física, La mente de Dios* y *Los últimos tres minutos*, insiste en que él "no

4. *Ibíd.*, p. 27. El subrayado es nuestro.

es una persona religiosa en el sentido convencional" (a saber lo que quiere decir con esto), pero mantiene que "la ciencia ofrece un camino hacia Dios más seguro que la religión"[5].

A pesar de sus evasivas, es evidente que Davies representa una tendencia claramente definida que intenta inyectar el misticismo y la religión en la ciencia. Este no es un fenómeno aislado. Se está convirtiendo en algo demasiado común, sobre todo en el campo de la física teórica y la cosmología, ambas muy dependientes de modelos matemáticos abstractos que se presentan cada vez más como un sustituto de una investigación empírica del mundo real. Por cada vendedor consciente de misticismo, hay cien científicos rigurosos que estarían horrorizados si se les identificase con semejante oscurantismo. No obstante, la única defensa real contra el misticismo idealista es una filosofía consecuentemente materialista: la filosofía del materialismo dialéctico.

El propósito de este libro es explicar las leyes básicas del materialismo dialéctico, elaboradas originariamente por Marx y Engels, y demostrar su relevancia para el mundo moderno y en particular para la ciencia. No pretendemos ser neutrales. De la misma forma que Rees-Mogg defiende sin titubeos los intereses de la clase a la que pertenece, nosotros por nuestra parte nos declaramos en contra de la llamada "economía de mercado" y todo lo que representa. Somos partícipes activos de la lucha para transformar la sociedad. Pero antes de poder cambiar el mundo hace falta comprenderlo. Es menester llevar a cabo una lucha implacable contra cualquier intento de confundir las mentes de los seres humanos con creencias místicas que tienen su origen en la turbia prehistoria del pensamiento humano. La ciencia creció y se desarrolló en la medida en que volvió la espalda a los prejuicios acumulados del pasado. Tenemos que mantenernos firmes frente a estos intentos de atrasar el reloj cuatrocientos años.

Un número creciente de científicos está cada vez más insatisfecho con la actual situación no sólo de la ciencia y la enseñanza, sino de la sociedad en su conjunto. Ven la contradicción entre el enorme potencial de la tecnología y un mundo donde millones de seres humanos viven al borde del hambre. Ven el sistemático mal uso de la ciencia, al servicio de los beneficios de los grandes monopolios. Están profundamente preocupados por los intentos persistentes de obligar a la ciencia a ponerse al servicio del oscurantismo religioso y de una política social reaccionaria. A muchos de ellos les repelía el carácter totalitario y burocrático del estalinismo, pero el colapso de la Unión Soviética ha demostrado que la alternativa capitalista es peor todavía. A través de su propia experiencia, muchos científicos llegarán a la conclusión de que la única manera de salir del *impasse* social, económico y cultural es mediante una sociedad basada en la planificación racional, en la cual la ciencia y la tecnología se pongan a disposición de la humanidad, y no del beneficio privado. Semejante sociedad ha de ser democrática en el auténtico sentido de la palabra, basada en el control consciente y la participación de

5. *The Guardian*, 9/3/95.

toda la población. Como señala Trotsky, "una economía nacionalizada y planificada necesita la democracia al igual que el cuerpo humano necesita oxígeno". El socialismo es democrático por su propia naturaleza.

No es suficiente contemplar los problemas del mundo. Hace falta transformarlo. Pero primeramente hace falta comprender las razones por las que las cosas están como están. Sólo las ideas elaboradas por Marx y Engels, y desarrolladas posteriormente por Lenin y Trotsky, pueden dotarnos de los medios adecuados para lograr esta comprensión. Creemos que los representantes más conscientes de la comunidad científica, mediante su propio trabajo y experiencia, comprenderán la necesidad de un punto de vista materialista consecuente. Esto es lo que ofrece el materialismo dialéctico. Los recientes avances de las teorías del caos y de la complejidad demuestran que un número cada vez mayor de científicos está evolucionando hacia el pensamiento dialéctico. Este es un fenómeno enormemente significativo. No cabe duda de que nuevos descubrimientos profundizarán y fortalecerán esta tendencia. Por nuestra parte, estamos firmemente convencidos de que el materialismo dialéctico es la filosofía del futuro.

2. Filosofía y religión

¿Necesitamos una filosofía?

Antes de empezar, uno podría preguntarse: ¿Es realmente necesario preocuparnos de complicadas cuestiones científicas y filosóficas? Semejante pregunta admite dos respuestas. Si lo que se quiere decir es si hace falta saber estas cosas para la vida cotidiana, la respuesta es, evidentemente, no. Pero si aspiramos a lograr una comprensión racional del mundo en que vivimos y de los procesos fundamentales en la naturaleza, la sociedad y nuestra propia forma de pensar, entonces la cosa se presenta de una forma totalmente distinta.

Aunque parezca extraño, *todos tenemos una filosofía*. Una filosofía es una manera de interpretar el mundo. Todos creemos que sabemos distinguir entre el bien y el mal. Sin embargo, es una cuestión harto complicada que ha ocupado la atención de las grandes mentes a lo largo de la historia. Cuando nos vemos enfrentados con hechos tan terribles como la guerra fratricida en la ex Yugoslavia, el resurgimiento del desempleo o las masacres en Ruanda, muchos confesarán que no entienden de esas cosas y, a menudo, recurrirán a vagas referencias a la "naturaleza humana". Pero, ¿en qué consiste esa misteriosa naturaleza humana que se presenta como la fuente de todos nuestros males y se alega que es eternamente inmutable? Esta es una cuestión profundamente filosófica que pocos intentarían contestar, a no ser que tuvieran inclinaciones religiosas, en cuyo caso dirían que Dios, en su sabiduría, nos creó así. Por qué a alguien se le ocurriría adorar a un Ser que crea a los hombres sólo para gastarles tales faenas es otro asunto.

Los que mantienen con obstinación que ellos no tienen ninguna filosofía se equivocan. La naturaleza aborrece el vacío. Las personas que carecen de un punto de vista filosófico elaborado y coherente reflejarán inevitablemente las ideas y los prejuicios de la sociedad y el entorno en que viven. Esto significa, en este contexto dado, que sus cabezas estarán repletas de las ideas que absorben de la prensa, la televisión, el púlpito y el aula, las cuales reflejan fielmente los intereses y la moral de la clase dominante.

Por lo común, la mayoría de la gente logra "ir tirando", hasta que algún gran evento les obliga a reconsiderar las ideas y valores a que están acostumbrados desde su infancia. La crisis de la sociedad les obliga a cuestionar muchas cosas que daban por supuestas, haciendo que ideas aparentemente remotas se vuelvan de repente tremendamente relevantes. Cualquiera que desee comprender la vida no como una serie de accidentes sin sentido ni como una rutina irreflexiva debe ocuparse de la filosofía, esto es, del pensamiento a un nivel superior al de los problemas inmediatos de la vida cotidiana. Tan sólo de esta forma nos elevamos a una altura desde la que comenzamos a realizar nuestro potencial como seres humanos conscientes, dispuestos y capaces de tomar las riendas de nuestro destino.

En general se comprende que cualquier empresa que merezca la pena en la vida requiere esfuerzo. La propia naturaleza de la filosofía implica ciertas dificultades para su estudio, ya que trata de cosas muy alejadas del mundo de la experiencia normal. Incluso los términos utilizados presentan dificultades porque su significado puede ser diferente al común, aunque esto también es verdad para cualquier materia especializada, desde el psicoanálisis hasta la mecánica.

El segundo obstáculo es más grave. En el siglo pasado, cuando Marx y Engels publicaron por primera vez sus escritos sobre materialismo dialéctico, podían dar por supuesto que muchos de sus lectores tenían por lo menos unos conocimientos básicos de filosofía clásica, incluido Hegel. Actualmente no es posible hacer semejante suposición. La filosofía ya no ocupa el lugar del pasado, puesto que la especulación sobre la naturaleza del universo y la vida fue asumida hace tiempo por las ciencias naturales. La posesión de potentes radiotelescopios y naves espaciales vuelve innecesarias las conjeturas sobre la naturaleza y la extensión de nuestro sistema solar. Incluso los misterios del alma humana se están poniendo paulatinamente al descubierto mediante el progreso de la neurobiología y la psicología.

La situación en el terreno de las ciencias sociales es mucho menos satisfactoria, debido sobre todo a que el deseo de conseguir conocimientos exactos a menudo decrece en la medida en que la ciencia toca los enormes intereses materiales que dominan la vida de la gente. Los grandes avances realizados por Marx y Engels en el terreno del análisis socio-histórico y económico quedan fuera del ámbito de este libro. Baste con señalar que, a pesar de los ataques constantes y frecuentemente maliciosos a que estuvieron sometidas desde el primer momento, las teorías del marxismo en la esfera social han sido el factor decisivo en el desarrollo de las ciencias sociales modernas. En cuanto a su vitalidad, está demostrada por el hecho de que los ataques no sólo continúan, sino que tienden a arreciar con el paso del tiempo.

En épocas pasadas, el desarrollo de la ciencia, que siempre ha estado estrechamente vinculado al de las fuerzas productivas, no había alcanzado un nivel suficientemente alto como para permitir que las personas entendiesen el mundo en que vivían. En ausencia de un conocimiento científico o de los medios materiales para obtenerlo, se vieron obligados a depender del único instrumento que poseían para

interpretar el mundo y, así, conquistarlo: la mente humana. La lucha para comprender el mundo se identificaba con la lucha de la humanidad para elevarse sobre una existencia meramente animal, ganar el control sobre las fuerzas ciegas de la naturaleza y liberarse (en el sentido real, no legalista, de la palabra). Esta lucha es como un hilo conductor rojo que recorre toda la historia de la humanidad.

EL PAPEL DE LA RELIGIÓN

> *El hombre está totalmente loco. No sabría cómo crear un gusano, y crea dioses por docenas.*
>
> Montaigne

> *Toda mitología supera, domina y transforma las fuerzas de la naturaleza en la imaginación y mediante la imaginación; por lo tanto desaparece con la llegada de la auténtica dominación sobre ellas.*
>
> Marx

Los animales no tienen religión, y en el pasado se decía que ésa era la principal diferencia entre hombres y bestias. Pero ésta es sólo otra forma de decir que únicamente los seres humanos poseen conciencia en el sentido pleno de la palabra. En los últimos años ha habido una reacción contra la idea del Hombre como Creación única y especial. Al fin y al cabo, el ser humano evolucionó de los animales y en muchos aspectos sigue siendo animal. No solamente compartimos con otros animales muchas de las funciones corporales, sino que la diferencia genética entre humanos y chimpancés es menor del dos por ciento. He aquí una respuesta devastadora a las tonterías de los creacionistas.

Las últimas investigaciones con chimpancés bonobos (los primates más afines a los humanos) han demostrado fuera de toda duda que son capaces de un nivel de actividad mental similar en algunos aspectos al de un niño. Esto prueba claramente el parentesco entre los seres humanos y los primates superiores, pero aquí la analogía empieza a resquebrajarse. Pese a todos los esfuerzos de los experimentadores, los bonobos cautivos no han sido capaces de hablar ni de labrar una herramienta de piedra remotamente similar a los utensilios más simples creados por los homínidos primitivos. Esa diferencia genética del dos por ciento que separa a los humanos de los chimpancés marca el salto cualitativo del animal al humano. Esto se logró no por obra y gracia de un Creador, sino por el desarrollo del cerebro a través del trabajo manual.

La destreza para hacer incluso las herramientas de piedra más simples implica un nivel muy alto de habilidad mental y pensamiento abstracto. El seleccionar la piedra adecuada, elegir el ángulo correcto para golpear y usar la cantidad de fuerza precisa son acciones intelectuales muy complejas. Requieren un grado de

planificación y previsión que no se encuentra ni en los primates más avanzados. No obstante, el uso y la manufactura de herramientas de piedra no fueron resultado de una planificación consciente, sino una imposición de la necesidad. No fue la conciencia la que creó la humanidad, sino que las condiciones necesarias para la existencia humana condujeron a un cerebro más grande, al habla y a la cultura, incluida la religión.

La necesidad de entender el mundo estaba estrechamente vinculada a la necesidad de sobrevivir. Aquellos homínidos primitivos que descubrieron el uso de raspadores de piedra para descuartizar cadáveres de animales de piel gruesa obtuvieron una considerable ventaja sobre aquellos que no tuvieron acceso a esta fuente abundante de grasas y proteínas. Los que perfeccionaron sus herramientas de piedra y descubrieron los mejores yacimientos tuvieron más posibilidades de sobrevivir que los que no lo hicieron. Con el desarrollo de la técnica vino la expansión de la mente y la necesidad de explicar los fenómenos naturales que gobernaban sus vidas. A través de millones de años, mediante aproximaciones sucesivas, nuestros antepasados comenzaron a establecer ciertas relaciones entre las cosas. Empezaron a hacer *abstracciones*, esto es, a generalizar a partir de la experiencia y la práctica.

Durante siglos, la cuestión central de la filosofía ha sido la relación entre el pensamiento y el ser. La mayoría de las personas pasan sus vidas sin siquiera contemplar este problema. Piensan y actúan, hablan y trabajan sin la menor dificultad. Es más, ni se les ocurriría considerar incompatibles las dos actividades humanas más básicas, que en la práctica son inseparables. Si excluimos reacciones simples condicionadas fisiológicamente, como los actos reflejos, incluso la acción más elemental exige un cierto grado de pensamiento. En cierto modo, esto es verdad no sólo para los humanos, sino también para los animales (pensemos en un gato apostado a la espera de un ratón). No obstante, la planificación y el pensamiento humanos tienen un carácter cualitativamente superior a cualquier actividad mental de incluso el simio más avanzado.

Este hecho está estrechamente vinculado a la capacidad del pensamiento abstracto, que permite a los seres humanos ir mucho más allá de la situación inmediata dada por nuestros sentidos. Podemos imaginar situaciones no sólo en el pasado (los animales también tienen memoria, como el perro, que tiembla a la vista de un garrote), sino también en el futuro. Podemos predecir situaciones complejas, planificar, y así determinar el resultado y hasta cierto punto controlar nuestros destinos. Aunque normalmente no pensamos en ello, esto representa una conquista colosal que separa a la humanidad del resto de la naturaleza. "Lo típico del razonamiento humano", dice el profesor Gordon Childe, "es que puede ir muchísimo más lejos de la situación actual, presente, que el razonamiento de cualquier otro animal"[6]. De esta capacidad nacen las múltiples creaciones de la civilización: la cultura, el arte, la música, la literatura, la ciencia, la filosofía, la religión. También

6. G. Childe, *Qué sucedió en la historia*, p. 25.

damos por supuesto que todo esto no cae del cielo, sino que es el producto de millones de años de desarrollo.

El filósofo griego Anaxágoras (500-428 a.C.), en una deducción brillante, afirmó que el desarrollo mental del hombre dependía de la emancipación de las manos. Engels, en su importante artículo *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, explicó la forma exacta en que se logró dicha transformación. Demostró que la postura vertical, la liberación de las manos para el trabajo, la forma de la mano, con el pulgar opuesto a los otros dedos de forma que permitía agarrar, fueron los requisitos fisiológicos para la manufactura de herramientas, que a su vez fue el principal estímulo para el desarrollo del cerebro. Incluso el habla, que es inseparable del pensamiento, surge de las exigencias de la producción social, de la necesidad de cooperar para realizar funciones complejas. Estas teorías de Engels se han visto confirmadas brillantemente por los últimos descubrimientos de la paleontología, que demuestran que los simios homínidos aparecieron en África bastante antes de lo que se pensaba y que tenían cerebros no más grandes que los de un chimpancé actual. Es decir, el desarrollo del cerebro vino después de la producción de herramientas y a consecuencia de ésta. Así, no es verdad que "En el principio, era la Palabra", sino, en frase del poeta alemán Goethe, "En el principio, era el Hecho".

La capacidad de manejar pensamientos abstractos es inseparable del habla. El célebre prehistoriador Gordon Childe comenta:

"El razonamiento y todo lo que podemos llamar pensamiento, inclusive el del chimpancé, hace intervenir en las operaciones mentales lo que los psicólogos llaman *imágenes*. Una imagen visual, la representación mental de una banana, por ejemplo, ha de ser siempre la representación de una banana determinada en un conjunto determinado. Una palabra, por el contrario, según lo explicado, es más general y abstracta, pues ha eliminado precisamente esos rasgos accidentales que dan individualidad a cualquier banana real. Las imágenes mentales de las palabras (representaciones del sonido o de los movimientos musculares que intervienen en su pronunciación) constituyen 'fichas' muy cómodas en el proceso del pensamiento. El pensar con su ayuda posee necesariamente esa cualidad de abstracción y generalidad que parece faltar en el pensamiento animal. Los hombres pueden pensar, lo mismo que hablar, sobre la clase de objetos llamados 'bananas'; el chimpancé nunca va más allá de 'esa banana en ese tubo'. De tal suerte el instrumento social denominado lenguaje ha contribuido a lo que se denomina grandilocuentemente 'la emancipación del hombre de la esclavitud de lo concreto'"[7].

Los humanos primitivos, después de largo tiempo, formaron la idea general de, por ejemplo, una planta o un animal. Esto surgió de la observación concreta de muchas plantas y animales particulares. Pero cuando llegamos al concepto general de "planta", ya no vemos delante de nosotros esta o aquella flor o arbusto, sino lo que es común a todas ellas. Comprendemos la esencia de una planta, su

7. Ibíd., pp. 25-26.

ser interior. Comparado con esto, los rasgos peculiares de las plantas individuales parecen secundarios e inestables. Lo que es permanente y universal está contenido en el concepto general. Jamás podemos ver una planta como tal, a diferencia de flores y arbustos particulares. Es una abstracción de la mente. Sin embargo, es una expresión más profunda y verdadera de lo que es esencial a la naturaleza de la planta cuando se la despoja de todos los rasgos secundarios.

No obstante, las abstracciones de los humanos primitivos distan mucho de tener un carácter científico. Eran exploraciones tentativas, como las impresiones de un niño: suposiciones e hipótesis a veces incorrectas, pero siempre audaces e imaginativas. Para nuestros antepasados remotos, el Sol era un ser supremo que unas veces les calentaba y otras les quemaba. La Tierra era un gigante adormecido. El fuego era un animal feroz que les mordía cuando lo tocaban. Los humanos primitivos conocieron los truenos y los relámpagos, les asustarían, como todavía hoy asustan a los animales y a algunas personas. Pero, a diferencia de los animales, los humanos buscaron una explicación general del fenómeno. Dada la ausencia de cualquier conocimiento científico, la explicación sólo podía ser sobrenatural: algún dios golpeando un yunque con su martillo. Para nosotros, semejantes explicaciones resultan simplemente divertidas, como las explicaciones ingenuas de los niños. No obstante, en ese período eran hipótesis extraordinariamente importantes, un intento de encontrar una causa racional para el fenómeno distinguiendo entre la experiencia inmediata y lo que había tras ella.

La forma más característica de las religiones primitivas es el animismo —la noción de que todo objeto, animado o inanimado, posee un espíritu—. Vemos el mismo tipo de reacción en un niño cuando pega a una mesa contra la que se ha golpeado la cabeza. De la misma manera, los humanos primitivos y ciertas tribus actuales piden perdón a un árbol antes de talarlo. El animismo pertenece a un período en el que la humanidad aún no se había separado plenamente del mundo animal y de la naturaleza. La proximidad de los humanos al mundo de los animales está demostrada por la frescura y belleza del arte rupestre, donde los caballos, ciervos y bisontes están pintados con una naturalidad que ningún artista moderno es capaz de lograr. Se trata de la infancia del género humano, que ha desaparecido y nunca volverá. Tan sólo podemos imaginar la psicología de nuestros antepasados remotos. Pero mediante una combinación de los descubrimientos de la paleontología y la antropología es posible reconstruir, por lo menos a grandes rasgos, el mundo del que hemos surgido.

En su estudio antropológico clásico de los orígenes de la magia y la religión, James G. Frazer escribe:

"El salvaje concibe con dificultad la distinción entre lo natural y lo sobrenatural, comúnmente aceptada por los pueblos ya más avanzados. Para él, el mundo está funcionando en gran parte merced a ciertos agentes sobrenaturales que son seres personales que actúan por impulsos y motivos semejantes a los suyos propios y, como él, propensos a modificarlos por apelaciones a su piedad, a sus deseos y temores. En un mundo así concebido no ve limitaciones a su poder de influir

sobre el curso de los acontecimientos en beneficio propio. Las oraciones, promesas o amenazas a los dioses pueden asegurarle buen tiempo y abundantes cosechas; y si aconteciera, como muchas veces se ha creído, que un dios llegase a encarnar en su misma persona, ya no necesitaría apelar a seres más altos. Él, el propio salvaje, posee en sí mismo todos los poderes necesarios para acrecentar su bienestar y el de su prójimo"[8].

La noción de que el alma existe separada y aparte del cuerpo viene directamente de los tiempos más remotos. El origen de esta idea es evidente. Cuando dormimos, el alma parece abandonar el cuerpo y vagar en nuestros sueños. Por extensión, la similitud entre la muerte y el sueño —"gemelo de la muerte", como lo llamó Shakespeare— sugiere la idea de que el alma podría seguir existiendo después de la muerte. Así fue cómo los humanos primitivos concluyeron que el interior de sus cuerpos albergaba algo, el alma, que mandaba sobre el cuerpo y podía hacer todo tipo de cosas increíbles, incluso cuando el cuerpo estaba dormido. También observaron cómo palabras llenas de sabiduría manaban de las bocas de los ancianos y concluyeron que, mientras que el cuerpo perece, el alma sigue viviendo. Para gente acostumbrada a los desplazamientos, la muerte era vista como una migración del alma, que necesitaba comida y utensilios para el viaje.

Al principio estos espíritus no tenían una morada fija. Simplemente erraban, la mayoría de las veces causando molestias y obligando a los vivos a hacer todo lo que podían por deshacerse de ellos. He aquí el origen de las ceremonias religiosas. Finalmente surgió la idea de que mediante la oración podría conseguirse la ayuda de estos espíritus. En esta etapa, la religión (magia), el arte y la ciencia no se diferenciaban. No teniendo los medios para conseguir un auténtico poder sobre el medio ambiente, los humanos primitivos intentaron obtener sus fines por medio de una relación mágica con la naturaleza, y así someterla a su voluntad.

La actitud de los humanos primitivos hacia sus dioses-espíritus y fetiches era bastante práctica. La intención de los rezos era obtener resultados. Un hombre haría una imagen con sus propias manos y se postraría ante ella. Pero si no conseguía el resultado deseado, la maldecía y la golpeaba para obtener mediante la violencia lo que no había conseguido con súplicas. En ese mundo extraño de sueños y fantasmas, un *mundo de religión*, la mente primitiva veía cada acontecimiento como la obra de espíritus invisibles. Cada arbusto o cada riachuelo eran una criatura viviente, amistosa u hostil. Cada suceso fortuito, cada sueño, dolor o sensación estaba causado por un espíritu. Las explicaciones religiosas llenaban el vacío que dejaba la falta de conocimiento de las leyes de la naturaleza. Incluso la muerte no era vista como un evento natural, sino como el resultado de alguna ofensa causada a los dioses.

Durante casi toda la existencia del género humano, la mente ha estado llena de este tipo de cosas. Y no sólo en lo que a la gente le gusta considerar como sociedades primitivas. Las creencias supersticiosas continúan existiendo hoy, aun-

8. J. G. Frazer, *La rama dorada*, p. 33.

que con diferente disfraz. Bajo el fino barniz de civilización se esconden tendencias e ideas irracionales primitivas que tienen su raíz en un pasado remoto que ha sido en parte olvidado, pero que no está todavía superado. No serán desarraigadas definitivamente de la conciencia humana hasta que hombres y mujeres no establezcan un firme control sobre sus condiciones de existencia.

LA DIVISIÓN DEL TRABAJO

Frazer señala que la división entre trabajo manual y trabajo intelectual en la sociedad primitiva está invariablemente vinculada a la formación de una casta de sacerdotes, hechiceros o magos:

"El progreso social, según creemos, consiste principalmente en una diferenciación progresiva de funciones; dicho más sencillamente, en una división del trabajo. La obra que en la sociedad primitiva se hace por todos igual y por todos igualmente mal o muy cerca de ello, se distribuye gradualmente entre las diferentes clases de trabajadores, que la ejecutan cada vez con mayor perfección; y así, tanto más cuanto que los productos materiales o inmateriales de esta labor especializada van siendo gozados por todos, la sociedad en conjunto se beneficia de la especialización creciente. Ahora, ya, los magos o curanderos aparecen constituyendo la clase profesional o artificial más antigua en la evolución de la sociedad, pues hechiceros se encuentran en cada una de las tribus salvajes conocidas por nosotros, y entre los más incultos salvajes, como los australianos aborígenes, es la única clase profesional que existe"[9].

El *dualismo*, que separa el alma del cuerpo, la mente de la materia, el pensamiento del hecho, recibió un fuerte impulso con el desarrollo de la división del trabajo en una etapa dada de la evolución social. La separación entre trabajo manual y trabajo intelectual coincidió con la división de la sociedad en clases y marcó un gran avance en el desarrollo humano. Por primera vez, una minoría de la sociedad se vio liberada de la necesidad de trabajar para obtener su sustento. La posesión de la mercancía más preciada, el ocio, significó que los hombres podían dedicar sus vidas al estudio de las estrellas. Como el filósofo materialista alemán Ludwig Feuerbach explica, la ciencia teórica auténtica comienza con la cosmología:

"El animal es sólo sensible al rayo de luz que inmediatamente afecta a la vida; mientras que el hombre percibe la luz, para él físicamente indiferente, de la estrella más remota. Tan sólo el hombre posee pasiones y alegrías desinteresadas y puramente intelectuales; sólo el ojo del hombre mantiene festivales teóricos. El ojo que contempla los cielos estrellados, que medita sobre aquella luz al mismo tiempo inútil e inocua que no tiene nada en común con la Tierra y sus necesidades; este ojo ve en aquella luz su propia naturaleza, sus propios orígenes. El ojo

9. *Ibíd*., pp. 137-38

es celestial por su propia naturaleza. De aquí que el hombre se eleve por encima de la tierra sólo con el ojo; de aquí que la teoría comience con la contemplación de los cielos. Los primeros filósofos eran astrónomos"[10].

Aunque en esta etapa temprana esto todavía estaba mezclado con la religión y los requerimientos e intereses de una casta sacerdotal, también significó el nacimiento de la civilización humana. Aristóteles ya lo había entendido cuando escribió: "Además, estas artes teóricas evolucionaron en lugares donde los hombres tenían un superávit de tiempo libre: por ejemplo, las matemáticas tienen su origen en Egipto, donde una casta sacerdotal gozaba del ocio necesario"[11].

El conocimiento es una fuente de poder. En cualquier sociedad en que el arte, la ciencia y el gobierno son el monopolio de unos pocos, esa minoría usará y abusará de su poder en su propio beneficio. La inundación anual del Nilo era un asunto de vida o muerte para los egipcios, cuyas cosechas dependían de ello. La pericia de los sacerdotes egipcios para predecir, apoyándose en observaciones astronómicas, cuándo se desbordaría el Nilo debió de haber incrementado enormemente su prestigio y poder sobre la sociedad. El arte de escribir, una invención muy poderosa, era un secreto celosamente guardado por la casta sacerdotal:

"Sumeria descubrió la escritura; los sacerdotes sumerios hicieron conjeturas acerca de que el futuro pudiera estar escrito por algún procedimiento oculto en los acontecimientos presentes que tenían lugar a nuestro alrededor. Hasta llegaron a sistematizar esta creencia, mezclando elementos mágicos y racionales"[12].

La posterior profundización de la división del trabajo hizo surgir un abismo insalvable entre la élite intelectual y la mayoría de la humanidad, condenada a trabajar con sus propias manos. El intelectual, sea sacerdote babilónico o físico teórico moderno, sólo conoce un tipo de trabajo: el mental. En el curso de milenios, la superioridad de este último sobre el trabajo manual "puro y duro" ha echado raíces profundas y adquirido la fuerza de un prejuicio. Lenguaje, palabras y pensamientos se han revestido de poderes místicos. La cultura se ha vuelto el monopolio de una élite privilegiada que guarda celosamente sus secretos, usando y abusando de su posición en su propio interés.

En la antigüedad, la aristocracia intelectual no hizo ningún intento de ocultar su desprecio por el trabajo físico. El siguiente extracto de un texto egipcio conocido como *La sátira sobre los oficios*, escrito alrededor de 2000 a.C., se cree que es la exhortación de un padre a su hijo, al que quiere enviar a la escuela para formarse como escriba:

"He visto cómo se maltrata al hombre que trabaja —deberías poner tu corazón en la búsqueda de la escritura—. He observado cómo uno podría ser rescatado de sus deberes —¡presta atención! No hay nada que supere a la escritura—. (...)

10. Feuerbach, *The Essence of Christianity*, p. 5.
11. Aristóteles, *Metaphysics*, p. 53.
12. I. Prigogine e I. Stengers, *Order Out Of Chaos. Man's New Dialogue with Nature*, p. 4.

"He visto al metalúrgico trabajando en la boca del horno. Sus dedos eran similares a cocodrilos; olía peor que una hueva de pescado. (...)

"El pequeño constructor lleva barro. (...) Está más sucio que las viñas o los cerdos de tanto pisotear el barro. Su ropa está tiesa de la arcilla. (...)

"El fabricante de flechas es muy infeliz cuando entra en el desierto [en busca de pedernal]. Más grande es lo que da a su burro que lo que posteriormente [vale] su trabajo. (...)

"El lavandero que lava ropa en la orilla [del río] es el vecino del cocodrilo. (...)

"¡Presta atención! No hay ninguna profesión sin patrón, excepto para el escriba: él es el patrón. (...)

"¡Presta atención! No hay ningún escriba al que le falte comida de la propiedad de la Casa del Rey —¡vida, prosperidad, salud!—. (...) Su padre y su madre alaban a dios, puesto que él está en el sendero de los vivientes. ¡Contempla estas cosas! Yo [las he puesto] ante ti y ante los hijos de tus hijos"[13].

La misma actitud prevalecía entre los griegos:

"Las llamadas artes mecánicas", dice Jenofonte, "llevan un estigma social y con razón son despreciadas en nuestras ciudades, puesto que estas artes dañan los cuerpos de los que trabajan en ellas o de los que actúan como capataces, condenándoles a una vida sedentaria de puertas adentro y, en algunos casos, a pasar todo el día al lado de la chimenea. Esta degeneración física asimismo da pie a un deterioro del alma. Además, los que trabajan en estos oficios simplemente no tienen tiempo para dedicarse a los deberes de la amistad o de la ciudadanía. En consecuencia, son considerados como malos amigos y malos patriotas, y en algunas ciudades, sobre todo las más guerreras, no es legal que un ciudadano se dedique al trabajo manual"[14].

El divorcio radical entre trabajo intelectual y manual profundiza la ilusión de una existencia independiente de las ideas, los pensamientos y las palabras. Este concepto erróneo es el meollo de toda religión e idealismo filosófico.

No fue Dios quien creó el hombre a su propia imagen y semejanza, sino, por el contrario, fue el hombre quien creó dioses a imagen y semejanza suya. Ludwig Feuerbach dijo que si los pájaros tuviesen una religión, su dios tendría alas. "La religión es un sueño en el que nuestras propias concepciones y emociones se nos presentan como existencias separadas, como seres al margen de nosotros mismos. La mente religiosa no distingue entre lo subjetivo y lo objetivo, no tiene dudas; tiene la capacidad no de discernir cosas diferentes a ella misma, sino de ver sus propias concepciones fuera de sí misma, como seres independientes"[15]. Esto era algo que hombres como Jenófanes de Colofón (565-hacia 470 a.C.) entendió cuando escribió: "Homero y Hesíodo han atribuido a los dioses cada acción vergonzosa y deshonesta entre los hombres: el robo, el adulterio, el

13. Citado en M. Donaldson, *Children's Minds*, p. 84.

14. Oeconomicus, iv, 203, citado en B. Farrington, *Greek Science*, pp. 28-29.

15. Feuerbach, *op. cit*., pp. 203-04.

engaño (...) Los etíopes hacen sus dioses negros y con nariz chata, y los tracios hacen los suyos con ojos grises y pelo rojo (...) Si los animales pudieran pintar y hacer cosas como los hombres, los caballos y los bueyes también harían dioses a su propia imagen"[16].

Los mitos de la creación, que existen en casi todas las religiones, inevitablemente toman sus imágenes de la vida real, por ejemplo, la imagen del alfarero que da forma a la arcilla amorfa. En opinión de Gordon Childe, la historia de la Creación en el primer libro del *Génesis* refleja que en Mesopotamia la tierra fue separada de las aguas "en el Principio", pero no mediante la intervención divina:

"La tierra sobre la cual las grandes ciudades de Babilonia se alzarían tenía que crearse en el sentido literal de la palabra; el antepasado prehistórico de la Erech bíblica fue construido encima de una especie de plataforma de juncos entrecruzados sobre el barro aluvial. El libro hebreo del *Génesis* nos ha familiarizado con una tradición bastante más antigua de la condición prístina de Sumeria —un 'caos' en el cual las fronteras entre el agua y la tierra todavía eran fluidas—. Un incidente esencial en 'la Creación' es la separación de estos elementos. Sin embargo, no fue ningún dios, sino los propios protosumerios quienes crearon la tierra: cavaron canales para irrigar los campos y drenar la marisma, construyeron diques y plataformas elevadas por encima del nivel de inundación para proteger a los hombres y al ganado de las aguas, despejaron las extensiones de juncos y exploraron los canales que las cruzaban. La persistencia tenaz del recuerdo de esta lucha es un indicio del grado de esfuerzo que supuso para los antiguos sumerios. Su recompensa era una fuente garantizada de nutritivos dátiles, una abundante cosecha de los campos que habían drenado y pastos permanentes para sus rebaños"[17].

Los intentos más ancestrales del hombre de explicar el mundo y su lugar en él estaban mezclados con la mitología. Los babilonios creían que el dios del caos, Marduc, había creado el Orden, separando la tierra del agua y el cielo de la tierra. Los judíos tomaron de los babilonios el mito bíblico de la Creación y más tarde lo transmitieron a la cultura cristiana. La auténtica historia del pensamiento científico empieza cuando el hombre aprende a prescindir de la mitología e intenta comprender racionalmente la naturaleza, sin la intervención de los dioses. En ese momento comienza la auténtica lucha por la emancipación de la humanidad de la esclavitud material y espiritual.

El advenimiento de la filosofía representa una auténtica revolución en el pensamiento humano. Esto, al igual que tantos otros elementos de la civilización moderna, se lo debemos a la Grecia antigua. Si bien es verdad que los indios y los chinos, y más tarde los árabes, también hicieron progresos importantes, fueron los griegos quienes llevaron la filosofía y la ciencia a su punto álgido antes del Renacimiento. La historia del pensamiento griego en el perío-

16. Citado en A. R. Burn, *Pelican History of Greece*, p. 132.
17. G. Childe, *Man Makes Himself*, pp. 107-08.

do de 400 años que arranca a mediados del siglo VII a.C. constituye una de las páginas más imponentes en los anales de la historia humana.

MATERIALISMO E IDEALISMO

Toda la historia de la filosofía desde los griegos hasta el presente consiste en una lucha entre dos escuelas de pensamiento diametralmente opuestas: materialismo e idealismo. Aquí nos encontramos con un buen ejemplo de cómo los términos empleados en filosofía difieren fundamentalmente del lenguaje cotidiano.

Cuando nos referimos a alguien como un "idealista", normalmente pensamos en una persona de altos ideales y moralidad impecable. Por el contrario, se cree que un materialista es un individuo sin principios, avaricioso y egocéntrico que ostenta un exagerado apetito por manjares y otras cosas; en pocas palabras, un elemento harto indeseable.

Esto no tiene nada que ver con el materialismo e idealismo filosóficos. En sentido filosófico, el idealismo parte de una visión del mundo como un mero reflejo de ideas, mente, espíritu o, más correctamente, de la Idea, que existía antes del mundo físico. Según esta escuela, las cosas materiales que conocemos mediante los sentidos sólo son *copias* imperfectas de esa Idea perfecta. El abogado más consecuente de esta filosofía en la antigüedad fue Platón. No obstante, Platón no inventó el idealismo, que ya existía antes de él.

Los pitagóricos creían que la esencia de todas las cosas era el Número (una opinión aparentemente compartida por algunos matemáticos modernos). Despreciaban el mundo material, y en particular el cuerpo humano, que era visto como una prisión en donde el alma estaba atrapada. La comparación entre esta visión y la de los monjes medievales resulta llamativa. De hecho, es probable que la Iglesia se apropiara de muchas de las ideas de los pitagóricos, platónicos y neoplatónicos. Esto no es sorprendente. Todas las religiones se basan necesariamente en una visión idealista del mundo. La diferencia reside en que la religión apela a las emociones y pretende ofrecer una comprensión intuitiva y mística del mundo ("la Revelación"), mientras que la mayoría de los filósofos idealistas intenta demostrar sus teorías mediante argumentos lógicos.

No obstante, en el fondo, las raíces de todo idealismo son religiosas y místicas. El desdén hacia el "mundo material" y la elevación de lo "Ideal" nace del fenómeno que acabamos de considerar con relación a la religión. No es ninguna casualidad que el idealismo platónico surja en Atenas en el momento en que el sistema esclavista alcanza su punto álgido. En aquel entonces el trabajo manual era visto, en el sentido más literal de la palabra, como el sello de la esclavitud. El único trabajo digno de respeto era el intelectual. En esencia, el idealismo filosófico es un producto de la división extrema entre trabajo manual e intelectual que ha existido desde el amanecer de la historia escrita hasta el presente.

Sin embargo, la historia de la filosofía occidental no empieza con el idealismo, sino con el materialismo, que afirma precisamente lo contrario: que el mundo material que conocemos y exploramos mediante la ciencia es real, que el único mundo real es el material, que los pensamientos, ideas y sensaciones son el producto de la materia organizada de una forma determinada (un sistema nervioso y un cerebro); que el pensamiento no puede derivar sus categorías a partir de sí mismo, sino solamente a partir del mundo objetivo, que se nos da a conocer a través de nuestros sentidos.

Los primeros filósofos griegos se conocen como los *hilozoístas*, "los que creen que la materia está viva". He aquí una larga secuencia de héroes y pioneros del pensamiento humano. Descubrieron que el mundo era redondo mucho antes que Colón, explicaron que los seres humanos habían evolucionado de los peces mucho antes que Darwin, hicieron unos descubrimientos extraordinarios en el campo de las matemáticas, especialmente la geometría, que no avanzaron mucho en los siguientes 1.500 años; inventaron la mecánica e incluso construyeron una máquina de vapor. Pero lo increíblemente nuevo de su interpretación del mundo es que *no era religiosa*. En contraste con los egipcios y babilonios, de quienes habían aprendido bastante, los pensadores griegos no recurren a los dioses para explicar los fenómenos de la naturaleza. Por primera vez el hombre intentó explicar el funcionamiento de la naturaleza en términos puramente de la propia naturaleza. Esta es una de las grandes revoluciones del pensamiento humano. La auténtica ciencia comienza aquí.

Aristóteles, el más grande de los filósofos de la antigüedad, puede ser considerado como materialista, aunque no era tan consecuente como los primeros hilozoístas. Hizo una serie de descubrimientos científicos importantes que constituyeron la base para los grandes logros de la ciencia griega del período alejandrino. La Edad Media, surgida del colapso del mundo antiguo, fue un desierto en el que el pensamiento científico languideció durante siglos. No por casualidad estuvo dominada por la Iglesia. La única filosofía permitida fue el idealismo, ya como caricatura de Platón o como distorsión peor todavía de Aristóteles.

La ciencia resurgió triunfante en el Renacimiento. Fue obligada a llevar a cabo una batalla feroz contra la influencia de la religión (por cierto, no sólo la católica, también la protestante). Muchos mártires pagaron con su vida el precio de la libertad científica. Giordano Bruno fue quemado vivo. La Inquisición juzgó a Galileo dos veces, obligándole a abjurar de sus opiniones bajo amenaza de tortura.

La tendencia filosófica dominante en el Renacimiento fue el materialismo. En Inglaterra tomó la forma de *empirismo*, que afirma que todo conocimiento se deriva de los sentidos. Los pioneros de esta escuela fueron Francis Bacon (1561-1626), Thomas Hobbes (1588-1679) y John Locke (1632-1704). La escuela materialista emigró de Inglaterra a Francia, donde adquirió un contenido revolucionario. En manos de Diderot, Rousseau, Holbach y Helvetius, la filosofía se convirtió en un instrumento para criticar la sociedad existente en su

conjunto. Estos grandes pensadores prepararon el camino del derrocamiento revolucionario de la monarquía feudal en 1789-93.

Las nuevas opiniones filosóficas estimularon el desarrollo de la ciencia, el experimento y la observación. El siglo XVIII fue testigo de un gran avance en las ciencias, sobre todo la mecánica. Pero este hecho tenía su lado positivo y su lado negativo. El viejo materialismo del XVIII era estrecho y rígido, reflejando el desarrollo limitado de la propia ciencia. Newton expresó las limitaciones del empirismo con su célebre frase "yo no hago hipótesis". Esta postura mecanicista y unilateral, a la postre resultó ser fatal para el viejo materialismo. Paradójicamente, son los filósofos idealistas los que realizan los grandes avances filosóficos después de 1700.

Bajo el impacto de la Revolución Francesa, el idealista alemán Immanuel Kant (1724-1804) sometió toda la filosofía previa a una crítica a fondo. Kant hizo grandes avances no sólo en filosofía y lógica, sino también científicos. Su hipótesis nebular del origen del sistema solar (a la que Pierre Simon de Laplace, matemático francés del siglo XVIII, más tarde dio una base matemática) es ahora generalmente aceptada como correcta. En el terreno de la filosofía, la obra maestra de Kant, *Crítica de la razón pura*, es la primera que analiza las formas de la lógica, que permanecían prácticamente inmutables desde que Aristóteles las desarrolló. Kant demuestra las contradicciones implícitas en muchas de las proposiciones más fundamentales de la filosofía. Sin embargo, no fue capaz de solucionar estas contradicciones (*antinomias*) y, finalmente, sacó la conclusión de que el verdadero conocimiento del mundo era imposible porque, aunque podemos conocer las apariencias, nunca podremos saber cómo son las cosas en sí mismas.

Esta idea no es nueva. Se repite muchas veces en la filosofía y generalmente se identifica con lo que llamamos *idealismo subjetivo*. Antes de Kant, esta idea fue defendida por el obispo y filósofo irlandés George Berkeley y por David Hume, el último de los empíricos ingleses clásicos. El argumento se puede resumir de la siguiente manera: "Yo interpreto el mundo mediante mis sentidos. Por lo tanto, todo lo que sé que existe son las impresiones de mis sentidos. Por ejemplo, ¿puedo afirmar que esta manzana existe? No. Todo lo que puedo decir es que la veo, la siento, la huelo, la pruebo. Por lo tanto, realmente no puedo afirmar que el mundo material exista". La lógica del idealismo subjetivo es que, si cierro los ojos, el mundo deja de existir. En última instancia conduce al solipsismo (del latín *solus ipse*, "uno mismo solo"), la idea de que tan sólo uno mismo existe.

Estas ideas nos pueden parecer absurdas, pero curiosamente han demostrado ser persistentes. De una manera u otra, los prejuicios del idealismo subjetivo han penetrado tanto en la filosofía como en la ciencia durante una gran parte del siglo XX. Vamos a tratar específicamente de esta tendencia más adelante.

La gran ruptura se produce en las primeras décadas del siglo XIX, con Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831). Hegel era un idealista alemán, un hombre de un intelecto gigantesco, que prácticamente resume en sus escritos toda la historia de la filosofía.

Hegel demuestra que la única manera de superar las antinomias de Kant es aceptando que las contradicciones no sólo existen en el pensamiento, sino también en el mundo real. Como idealista objetivo, Hegel rechazó el argumento del idealismo subjetivo de que la mente humana no es capaz de conocer el mundo real. Las formas de pensamiento han de reflejar el mundo objetivo de la manera más exacta posible. El proceso de conocimiento consiste en una penetración cada vez más profunda en dicha realidad, pasando de lo abstracto a lo concreto, de lo conocido a lo desconocido, de lo particular a lo general.

El método dialéctico de pensamiento había jugado un papel muy importante en la antigüedad, particularmente en los aforismos ingenuos pero brillantes de Heráclito y también en los escritos de Aristóteles y otros. Fue abandonado en el Medievo, cuando la Iglesia transformó la lógica aristotélica en un dogma rígido y sin vida, y no reaparece hasta que Kant lo devuelve a un sitio de honor. No obstante, con Kant la dialéctica no recibió un desarrollo adecuado. Correspondió a Hegel llevar la ciencia del pensamiento dialéctico a su punto álgido.

La grandeza de Hegel reside en que estuvo dispuesto a retar en solitario a la filosofía mecanicista en boga. La filosofía dialéctica de Hegel trata de procesos, no de acontecimientos aislados. Trata de cosas vivas, no muertas; interrelacionadas, no aisladas unas de otras. Esta es una manera increíblemente moderna y científica de interpretar el mundo. En muchos aspectos, Hegel estaba muy por delante de su época. Pero en última instancia, la filosofía hegeliana, pese a sus muchas intuiciones brillantes, era poco satisfactoria. Su principal defecto consistía precisamente en su idealismo, que le impidió aplicar el método dialéctico al mundo real de una forma científica consecuente. En vez del mundo de la materia, tenemos el mundo de la Idea Absoluta, donde las cosas reales, los procesos y las personas son sustituidos por sombras insustanciales. En palabras de Federico Engels, la dialéctica hegeliana fue el aborto más colosal de toda la historia de la filosofía. En ella las ideas correctas aparecen cabeza abajo. Para poner la dialéctica sobre cimientos firmes fue necesario darle la vuelta a Hegel y transformar la dialéctica idealista en materialismo dialéctico. Este fue el gran logro de Carlos Marx y Federico Engels. Nuestro estudio comienza con una breve descripción de las ideas básicas de la dialéctica materialista por ellos elaborada.

3. Materialismo dialéctico

¿Qué es la dialéctica?

Παντα χωρει, ουδει μενει
Todo fluye, nada permanece
Heráclito

La dialéctica es un método de pensamiento y de interpretación del mundo, tanto de la naturaleza como de la sociedad. Es una forma de analizar el universo, que parte del axioma de que todo se encuentra en un estado de constante cambio y flujo. Pero no sólo eso. La dialéctica explica que el cambio y el movimiento implican contradicción y sólo pueden darse a través de contradicciones. Así, que, en lugar de una línea suave e ininterrumpida de progreso, lo que tenemos es una línea que se ve interrumpida súbitamente por períodos explosivos en los que los cambios lentos que se han ido acumulando (cambios cuantitativos) sufren una rápida aceleración, y la cantidad se transforma en calidad. La dialéctica es la *lógica de la contradicción*.

Hegel formuló detalladamente las leyes de la dialéctica en sus escritos, aunque de una forma mística e idealista. Marx y Engels fueron los primeros en dar una base científica, es decir, materialista, a la dialéctica. "Hegel escribió antes que Darwin y antes que Marx", escribió Trotsky. "Gracias al poderoso impulso dado al pensamiento por la Revolución Francesa, Hegel anticipó el movimiento general de la ciencia. Pero porque era solamente una *anticipación*, aunque hecha por un genio, recibió de Hegel un carácter idealista. Hegel operaba con sombras ideológicas como realidad final. Marx demostró que el movimiento de estas sombras ideológicas no reflejaba otra cosa que el movimiento de cuerpos materiales"[18].

En los escritos de Hegel hay muchos ejemplos de las leyes de la dialéctica extraídos de la historia y la naturaleza. Pero el idealismo de Hegel inevitablemen-

18. León Trotsky, *En defensa del marxismo*, p. 28

te imprimió a su dialéctica un carácter muy abstracto, mistificado y a veces arbitrario. Para que la dialéctica encajase con la Idea Absoluta, Hegel se vio forzado a imponer un esquema a la naturaleza y a la sociedad, en flagrante contradicción con el método dialéctico, que exige deducir las leyes de un fenómeno determinado a partir de un estudio escrupuloso del sujeto, como hizo Marx en *El capital*. Así, el método de Marx, lejos de ser una simple regurgitación de la dialéctica idealista de Hegel arbitrariamente aplicada a la historia y la sociedad, como sus críticos frecuentemente afirman, fue precisamente lo contrario. Como él mismo explica:

"Mi método dialéctico no sólo difiere en su base del hegeliano, sino que además es todo lo contrario de éste. Para Hegel, el movimiento del pensamiento, que él encarna con el nombre de Idea, es el demiurgo de la realidad, que no es más que la forma fenoménica de la Idea. Para mí, en cambio, el movimiento del pensamiento es el reflejo del movimiento real, transportado y traspuesto en el cerebro del hombre"[19].

Cuando contemplamos por vez primera el mundo que nos rodea vemos una inmensa y sorprendente serie de fenómenos complejos, una maraña de cambios aparentemente sin final, causa y efecto, acción y reacción. La fuerza motriz de la investigación científica es el deseo de obtener una visión racional de este confuso laberinto, de entenderlo para poder conquistarlo. Buscamos leyes que puedan separar lo general de lo particular, lo accidental de lo necesario, y que nos permitan comprender las fuerzas que dan pie a los fenómenos a los que nos enfrentamos. En palabras del físico y filósofo inglés David Bohm:

"En la naturaleza nada permanece constante. Todo se encuentra en un estado perpetuo de transformación, movimiento y cambio. Sin embargo, descubrimos que no hay nada que simplemente surja de la nada sin antecedentes previamente existentes. De la misma forma, no hay nada que desaparezca sin dejar rastro, que no dé origen absolutamente a nada existente posteriormente. Esta característica general del mundo puede ser expresada en términos de un principio que resume un enorme terreno de diferentes tipos de experiencias y que hasta la fecha no ha sido contradicho por ninguna observación o experimento, sea científica o de otro tipo; es decir, todo surge de otras cosas y da origen a otras cosas"[20].

El principio fundamental de la dialéctica es que todo está sometido a un proceso constante de cambio, movimiento y desarrollo. Incluso cuando nos parece que no está pasando nada, en realidad la materia siempre está cambiando. Las moléculas, los átomos y las partículas subatómicas están cambiando de lugar constantemente, siempre en movimiento. La dialéctica, por lo tanto, es una interpretación esencialmente dinámica de los fenómenos y procesos de toda la materia, tanto orgánica como inorgánica.

"A nuestros ojos, nuestros imperfectos ojos, nada cambia", dice el físico norteamericano Richard P. Feynman, "pero si pudiéramos verlo ampliado mil millo-

19. Marx, *El capital*, t. 1, p. 31.
20. D. Bohm, *Causality and Chance in Modern Physics*, p. 1.

nes de veces, veríamos que desde su propio punto de vista cambia continuamente: moléculas que abandonan la superficie, moléculas que regresan"[21].

Esta idea es tan fundamental para la dialéctica, que Marx y Engels consideraron que el movimiento era la principal característica de la materia. Como en muchos otros casos, esta concepción dialéctica ya había sido anticipada por Aristóteles, que escribió: "Por lo tanto (...) la significación primaria y correcta de la 'naturaleza' es la esencia de las cosas que tienen en sí mismas (...) el principio del movimiento"[22]. Esta no es la concepción mecánica del movimiento como algo provocado en una masa inerte por una fuerza externa, sino un concepto totalmente diferente: la materia con movimiento propio. Para ellos, materia y movimiento (energía) eran la misma cosa, dos maneras de expresar la misma idea. Esto fue confirmado brillantemente por la teoría de Einstein de la equivalencia de masa y energía. Así lo explica Engels:

"El movimiento, en su sentido más general, concebido como modo de existencia, atributo inherente a la materia, abarca todos los cambios y procesos que se producen en el universo, desde el simple cambio de lugar hasta el pensamiento. La investigación de la naturaleza del movimiento, es claro, debía comenzar por las formas inferiores, más simples, y aprender a entenderlas antes de llegar a una explicación de las formas más elevadas y complicadas"[23].

"TODO FLUYE"

Todo está en un constante estado de movimiento, desde los neutrinos a los supercúmulos. La Tierra misma se está moviendo constantemente, rotando alrededor del Sol una vez al año y girando sobre su propio eje una vez al día. El Sol, a su vez, gira sobre su eje cada 26 días y, junto con las demás estrellas de nuestra galaxia, hace un viaje completo alrededor de la galaxia cada 230 millones de años. Es probable que estructuras todavía más amplias (cúmulos de galaxias) también tengan algún tipo de movimiento de rotación sobre sí mismas. Esta parece ser una característica de la materia hasta en el nivel atómico, donde los átomos que forman las moléculas giran unos alrededor de otros a diferentes velocidades. Dentro del átomo, los electrones giran alrededor del núcleo a velocidades enormes.

El electrón tiene una cualidad conocida como espín intrínseco. Es como si girase sobre su propio eje a una velocidad determinada, y no se puede parar o cambiar excepto destruyendo el propio electrón. De hecho, si se incrementa el espín del electrón, sus propiedades cambian tan drásticamente que producen un cambio cualitativo, creando una partícula totalmente diferente. La cantidad llamada *momento angular*, la medida combinada de la masa, la velocidad y la dis-

21. R. P. Feynman, *The Feynman Lectures on Physics*, capítulo 1, p. 8.
22. Aristóteles, *op. cit*., p. 9.
23. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 63.

tancia al eje de giro, se utiliza para medir el espín de las partículas elementales. El principio de cuantificación del espín es fundamental en el nivel subatómico, pero también existe en el mundo macroscópico, donde sin embargo su efecto es tan infinitesimal que se puede ignorar. El mundo de las partículas subatómicas está en un estado de constante movimiento y fermento, en el que nunca nada es igual a sí mismo. Las partículas están constantemente convirtiéndose en su opuesto, de tal manera que incluso es imposible establecer su identidad en un momento dado. Los neutrones se convierten en protones y los protones en neutrones, en un proceso incesante de cambio de identidad.

Engels define la dialéctica como "la ciencia de las leyes generales del movimiento y la evolución de la naturaleza, la sociedad humana y el pensamiento". En sus obras *Anti-Dühring* y *Dialéctica de la naturaleza*, Engels explica las leyes de la dialéctica, empezando por las tres fundamentales:

1) Ley de la transformación de la cantidad en calidad, y viceversa.
2) Ley de la unidad y lucha de contrarios.
3) Ley de la negación de la negación.

A primera vista tal pretensión puede parecer excesivamente ambiciosa. ¿Es posible realmente plantear leyes que tengan una aplicación tan general? ¿Puede haber un modelo subyacente que se repita en los procesos no sólo de la sociedad y el pensamiento, sino de la propia naturaleza? A pesar de todas estas objeciones, cada vez está más claro que modelos de este tipo existen, y reaparecen constantemente a todos los niveles y en todo tipo de formas. Existe un número creciente de ejemplos extraídos de diferentes campos, desde las partículas subatómicas hasta los estudios de población, que tienden a confirmar la teoría del materialismo dialéctico.

El punto esencial del pensamiento dialéctico no se basa en la idea del cambio y el movimiento, sino que interpreta ambos como fenómenos surgidos de contradicciones. Mientras que la lógica formal intenta desterrar la contradicción, el pensamiento dialéctico se basa precisamente en ella. La contradicción es una característica fundamental del ser. Reside en el corazón de la materia. Es la fuente de todo movimiento, cambio, vida y desarrollo. La ley dialéctica que expresa esta idea es la ley de la unidad y lucha de contrarios. La tercera ley de la dialéctica, la negación de la negación, expresa la idea del desarrollo. En lugar de un círculo cerrado en el que los procesos se repiten continuamente, esta ley plantea que el movimiento a través de contradicciones sucesivas lleva en realidad al desarrollo, de lo simple a lo complejo, de lo inferior a lo superior. Los procesos no se repiten exactamente de la misma manera, a pesar de que pueda parecerlo. Estas son, muy esquemáticamente, las tres leyes fundamentales de la dialéctica. De ellas surgen toda una serie de proposiciones adicionales, incluidas las relaciones entre el todo y las partes, la forma y el contenido, lo finito y lo infinito, la atracción y la repulsión, etc. Intentaremos explicarlas.

CANTIDAD Y CALIDAD

La ley de la transformación de la cantidad en calidad tiene una gama de aplicaciones extremadamente amplia, desde las más pequeñas partículas subatómicas de la materia hasta los mayores fenómenos conocidos por el hombre. Se puede ver en todo tipo de procesos y a muchos niveles diferentes. Esta importante ley aún no ha recibido el reconocimiento que se merece, pero nos sale al paso a cada momento. Los griegos megarenses ya la conocían y la utilizaban para demostrar ciertas paradojas, a veces en forma de chistes. Por ejemplo, el de la cabeza calva y el del montón de granos: ¿un pelo menos significa que estés calvo o un grano de trigo hace un montón? La respuesta es no. ¿Y otro pelo menos u otro grano más? La respuesta sigue siendo no. Entonces seguimos repitiendo la pregunta hasta que terminamos con una cabeza calva y un montón de granos de trigo. Nos enfrentamos a la contradicción de que pequeños cambios individuales que por sí mismos son incapaces de provocar un cambio cualitativo, en un punto determinado provocan precisamente eso: que la cantidad se transforme en calidad.

La idea de que, bajo ciertas condiciones, incluso pequeñas cosas pueden provocar grandes cambios encuentra su expresión en todo tipo de dichos populares y proverbios: *La gota que colma el vaso, Tanto va el cántaro a la fuente, que allí deja el asa o la frente; La gotera cava la piedra* y muchos otros. La ley de la transformación de la cantidad en calidad ha penetrado de muchas maneras en la conciencia popular, tal y como Trotsky planteó ingeniosamente:

"Todo individuo es dialéctico en *uno u otro sentido*, en la mayor parte de los casos inconscientemente. Un ama de casa sabe que cierta cantidad de sal condimenta agradablemente la sopa, pero que una cantidad mayor la hace incomible. En consecuencia, una campesina ignorante se guía al hacer la sopa por la ley hegeliana de la transformación de la cantidad en calidad. Podrían citarse infinita cantidad de ejemplos obtenidos de la vida cotidiana. Hasta los animales llegan a sus conclusiones prácticas basándose no solamente en el silogismo aristotélico, sino también en la dialéctica de Hegel. Así, el zorro sabe que hay aves y cuadrúpedos gustosos y nutritivos. Al acechar a una liebre, a un conejo o a una gallina, el zorro se hace esta reflexión: esta criatura pertenece al tipo nutritivo y gustoso... y salta sobre la presa. Tenemos aquí un silogismo completo, aunque podemos suponer que el zorro no leyó nunca a Aristóteles. Cuando el mismo zorro, sin embargo, encuentra al primer animal que lo excede en tamaño, un lobo, por ejemplo, extrae rápidamente la conclusión de que la cantidad se transforma en calidad y procede a huir. Evidentemente, las patas del zorro están equipadas con tendencias hegelianas, aunque no conscientes.

"Todo esto demuestra, dicho sea de paso, que nuestros métodos de pensamiento, tanto la lógica formal como la dialéctica, no son construcciones arbitrarias de nuestra razón, sino más bien expresiones de las verdaderas interrelaciones que existen en la naturaleza misma. En este sentido, el universo entero está saturado de dialéctica 'inconsciente'. Pero la naturaleza no se detuvo allí. Se produjo

un no pequeño desarrollo antes de que las relaciones internas de la naturaleza pasaran al lenguaje de la conciencia de zorros y hombres, y que el hombre llegara a ser capaz de generalizar esas formas de conciencia transformándolas en categorías lógicas (dialécticas), creando así la posibilidad de conocer más profundamente el mundo que nos rodea"[24].

A pesar del carácter aparentemente trivial de estos ejemplos, en realidad nos revelan una verdad profunda sobre la manera en que funciona el mundo. Tomemos el ejemplo del montón de granos. Algunas de las investigaciones más recientes sobre la teoría del caos se han centrado en el punto crítico en que una serie de pequeñas variaciones producen un cambio de estado (en terminología moderna esto se denomina *borde del caos*). El trabajo del físico de origen danés Per Bak y otros sobre la "criticidad autoorganizada" utiliza precisamente el ejemplo de un montón de arena, una analogía exacta del montón de granos de los megarenses, para ilustrar los profundos procesos que tienen lugar a muchos niveles de la naturaleza y que responden con precisión a la ley de la transformación de la cantidad en calidad.

El experimento se ha llevado a cabo muchas veces, tanto con montones de arena reales como en simulaciones informáticas. Dejamos caer granos de arena uno a uno sobre una superficie llana. Durante un tiempo se irán apilando uno encima de otro hasta formar una pequeña pirámide. El montón de arena se va haciendo más y más grande, con el exceso de arena deslizándose por los lados. Cuando todo el exceso de arena ha caído, el montón de arena resultante se dice que está "autoorganizado". En otras palabras, nadie le ha dado conscientemente esa forma. Se "organiza a sí mismo" de acuerdo con sus leyes inherentes, hasta que llega a un estado *crítico* en el que los granos de arena de su superficie son a duras penas estables. En este estado crítico, incluso añadir un solo grano de arena más puede provocar resultados imprevisibles. Puede causar un pequeño cambio más o puede desencadenar una reacción en cadena que provoque una avalancha catastrófica que destruya el montón. Este ejemplo, trivial en apariencia, es un excelente "modelo al borde del caos" con un amplio espectro de aplicaciones, de los terremotos a la evolución, de las crisis bursátiles a las guerras.

Según Per Bak, se puede dar una expresión matemática a este fenómeno, según la cual la frecuencia media de una avalancha de determinado tamaño es inversamente proporcional a una potencia de su tamaño. También plantea que este comportamiento es extremadamente común en la naturaleza, como el caso de la masa crítica del plutonio, que al alcanzarse provoca la reacción en cadena que origina la explosión nuclear. Por debajo del nivel crítico, la reacción en cadena dentro de la masa del plutonio se desvanecerá, mientras que por encima del nivel crítico la masa explotará. Se puede ver un fenómeno similar en los terremotos, donde las rocas de ambos lados de una falla de la corteza terrestre están a punto de resbalar. La falla va sufriendo una serie de pequeños y grandes deslizamientos, que mantienen la tensión en el punto crítico durante un tiempo, hasta que al final deviene el terremoto.

24. Trotsky, *op. cit*.

Aunque los que abogan por la teoría del caos parecen no saberlo, todos estos son ejemplos de la ley de la transformación de la cantidad en calidad. Hegel definió la *línea nodal de las relaciones de medida*, en la cual pequeños cambios cuantitativos dan lugar en un determinado momento a un salto cualitativo. A menudo se utiliza el ejemplo del agua, que hierve a 100 ºC en condiciones normales de presión atmosférica. A medida que la temperatura se acerca al punto de ebullición, el incremento de calor no provoca inmediatamente que las moléculas de agua se separen. Hasta que no llega al punto de ebullición, el agua mantiene su volumen. Sigue siendo agua debido a la atracción que las moléculas ejercen unas sobre otras. Sin embargo, el cambio constante de temperatura tiene como efecto un aumento en la velocidad de las moléculas. La distancia entre los átomos aumenta gradualmente hasta el punto en que la fuerza de atracción es insuficiente para mantener juntas las moléculas. Precisamente a 100 ºC, cualquier incremento en la energía calórica hará que las moléculas se separen, produciendo vapor.

El mismo proceso puede verse también al revés. Cuando el agua se enfría desde 100 a 0 ºC no se congela gradualmente, convirtiéndose en una gelatina y luego en un sólido. El movimiento de los átomos se ralentiza gradualmente a medida que disminuye la energía calórica, hasta que a 0 ºC se llega a un punto crítico en el que las moléculas se organizan de acuerdo con cierto modelo, es decir, el hielo. Todo el mundo puede comprender la diferencia cualitativa entre un sólido y un líquido. El agua se puede utilizar para determinados fines, como lavar o saciar la sed, para los cuales el hielo no sirve. Técnicamente hablando, la diferencia es que, en un sólido, los átomos están organizados en redes cristalinas. No se disponen al azar a grandes distancias, sino que la posición de los átomos en un lado del cristal está determinada por los átomos del otro lado. Por eso podemos mover la mano libremente a través del agua, mientras que el hielo es rígido y ofrece resistencia. De esta manera, estamos describiendo un cambio cualitativo, un cambio de estado, que surge de una acumulación de cambios cuantitativos. Una molécula de agua es una cuestión relativamente sencilla: un átomo de oxígeno unido a dos átomos de hidrógeno gobernados por ecuaciones de física atómica bien comprendidas. Sin embargo, cuando combinamos un gran número de moléculas, adquieren propiedades que ninguna de ellas tiene aisladamente, liquidez. Este tipo de propiedad no está implícito en las ecuaciones. En el lenguaje de la complejidad, la liquidez es un fenómeno *emergente*.

"Por ejemplo", dice M. Waldrop, "si enfriamos un poco estas moléculas de agua en estado líquido, a 0 ºC dejarán de dar volteretas erráticas de una forma repentina. Por el contrario, experimentarán una 'transición de fase', encerrándose en una formación cristalina ordenada llamada hielo. Si actuamos en sentido contrario, es decir, calentando el líquido, las mismas moléculas de agua volteantes se separarán repentinamente, experimentando una transición de fase al convertirse en vapor. Ninguna de las dos transiciones de fase tendría significación en el caso de una molécula aislada"[25].

25. M. Waldrop, *Complexity*, p. 82.

El concepto *transición de fase* expresa ni más ni menos que un salto cualitativo. Se pueden observar procesos similares en fenómenos tan variados como el clima, las moléculas de ADN y la propia mente. Esta propiedad de liquidez es bien conocida gracias a nuestra experiencia diaria. También en la física, el comportamiento de los líquidos es bien comprendido y perfectamente predecible hasta cierto punto. Las leyes del movimiento de los fluidos (gases y líquidos) distinguen claramente entre el flujo *laminar* suave, que es predecible y bien definido, y el flujo *turbulento* que sólo se puede expresar, en el mejor de los casos, aproximadamente. Se puede predecir exactamente el movimiento del agua alrededor de un embarcadero en un río gracias a las ecuaciones normales de los fluidos, siempre y cuando el agua se mueva lentamente. Incluso si incrementamos su velocidad, provocando remolinos, todavía podemos predecir su comportamiento. Pero si la incrementamos más allá de cierto punto, se hace imposible predecir dónde se van a formar los remolinos e, incluso, decir algo sobre el comportamiento del agua en su conjunto. Ha pasado a ser *caótico*.

LA TABLA PERIÓDICA DE MENDELEYEV

La existencia de cambios cualitativos en la materia era conocida bastante antes de que los seres humanos empezasen a pensar en la ciencia, pero no fue comprendida realmente hasta la llegada de la teoría atómica. Previamente, los físicos consideraban los cambios de estado de sólido a líquido y a gas como algo que sucedía sin que nadie supiese exactamente por qué. Sólo ahora empezamos a comprender correctamente estos fenómenos.

La ciencia química hizo enormes progresos durante el siglo XIX, descubriéndose gran cantidad de elementos. Pero, de una forma bastante parecida a la situación de la física de partículas hoy en día, reinaba el caos. El gran científico ruso Dmitri Ivánovich Mendeleyev fue el que puso la casa en orden cuando, en 1869, a la par que el químico alemán Julius Meyer, elaboró la tabla periódica de los elementos, que muestra la repetición periódica de propiedades químicas similares.

La existencia del peso atómico fue descubierta en 1862 por Cannizzaro. Pero el genio de Mendeleyev consistió en que no trató los elementos desde un punto de vista meramente cuantitativo, es decir, no consideró la relación entre los diferentes átomos simplemente en términos de peso. Si lo hubiese hecho, no hubiera sido posible la ruptura que realizó. Desde un punto de vista puramente cuantitativo, por ejemplo, el elemento telurio (peso atómico de 127’61) debería venir en la tabla periódica después del yodo (peso atómico de 126’91). Sin embargo, Mendeleyev lo colocó justo delante del yodo, debajo del selenio, al que se parece más, y colocó el yodo debajo del elemento con que se relaciona, el bromo. El método de Mendeleyev fue confirmado en el siglo XX, cuando la investigación con rayos X demostró que esa ubicación era correcta. El nuevo número atómico para el telurio fue el 52, mientras que el del yodo es el 53.

Toda la tabla periódica de Mendeleyev está basada en la ley de la cantidad y la calidad, deduciendo diferencias cualitativas en los elementos a partir de diferencias cuantitativas en sus pesos atómicos. Engels en su día ya lo reconoció:

"Por último, la ley hegeliana vale no sólo para las sustancias compuestas, sino también para los propios elementos químicos. Sabemos que 'las propiedades químicas de los elementos son una función periódica de sus pesos atómicos' (...) y que, por consiguiente, su calidad la determina la cantidad de su peso atómico. Y la demostración de esto es brillante. Mendeleyev probó que las distintas brechas que ocurren en las series de elementos emparentados, ordenados según los pesos atómicos, indicaban que en ellas había nuevos elementos que descubrir. Describió por anticipado las propiedades químicas generales de uno de esos elementos desconocidos, que llamó eka-aluminio, porque sigue al aluminio en la serie que se inicia con éste, y predijo su peso atómico y específico aproximados, así como su volumen atómico. Unos años después, Lecoq de Boisbaudran descubrió ese elemento, y las predicciones de Mendeleyev coincidían, con muy leves discrepancias. El eka-aluminio fue, a partir de entonces, el galio. (...) Por medio de la aplicación, inconsciente, de la ley de Hegel, de transformación de la cantidad en calidad, Mendeleyev realizó una hazaña científica que no es excesiva audacia equiparar con la de Le Verrier, cuando calculó la órbita del planeta Neptuno, hasta entonces desconocido"[26].

La química trata de cambios tanto cualitativos como cuantitativos, cambios de grado y de estado. Esto se puede ver claramente en el cambio de gas a líquido o a sólido, que en general está relacionado con cambios de temperatura y presión. En *Anti-Dühring*, Engels da una serie de ejemplos de cómo, en química, la simple adición cuantitativa de elementos crea cuerpos totalmente diferentes. Desde los tiempos de Engels, la nomenclatura química ha variado, pero este ejemplo expresa exactamente el cambio de cantidad en calidad:

		Punto de ebullición	Punto de fusión
CH_2O_2	ácido fórmico	100º	1º
$C_2H_4O_2$	ácido acético	118º	17º
$C_3H_6O_2$	ácido propiónico	140º	-
$C_4H_8O_2$	ácido butírico	162º	-
$C_5H_{10}O_2$	ácido valeriánico	175º	-

"y así sucesivamente hasta $C_{30}H_{60}O_2$, el ácido melísico, que no se funde hasta los 80 ºC y no tiene punto de ebullición, porque no se puede pasar al estado de vapor sin descomponerlo"[27].

26. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 62.
27. Engels, *Anti-Dühring*, p. 131.

El estudio de los gases y vapores constituye una rama especial de la química. El pionero de la química inglesa, Faraday, creía que había seis gases, a los que denominó gases permanentes, imposibles de licuar: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, óxido nítrico y metano. Pero en 1877, el químico suizo R. Pictet consiguió licuar el oxígeno a -140 ºC y una presión de 500 atmósferas. Más tarde, también el nitrógeno, el oxígeno y el monóxido de carbono fueron licuados a temperaturas todavía más bajas. En 1900 se licuó el hidrógeno a -240 ºC, y a temperaturas inferiores se consiguió incluso solidificarlo. Finalmente, el desafío más difícil de todos, la licuefacción del helio, se consiguió a -255 ºC. Estos descubrimientos tuvieron importantes aplicaciones prácticas. Hoy en día, el hidrógeno y el oxígeno líquidos se utilizan en grandes cantidades en los cohetes espaciales. La transformación de la cantidad en calidad se demuestra por los importantes cambios de propiedades provocados por cambios de temperatura. Esta es la clave del fenómeno de la superconductividad. A temperaturas enormemente bajas, ciertas sustancias, empezando por el mercurio, no ofrecen ninguna resistencia a las corrientes eléctricas.

El estudio de temperaturas extremadamente bajas fue desarrollado a mediados del siglo XIX por el físico inglés William Kelvin (más tarde Lord), que estableció el concepto de cero absoluto, la temperatura más baja posible, y lo calculó en -273 ºC (los cero grados Kelvin, temperatura que es la base de la escala de medida de temperaturas muy bajas). A esa temperatura, creía, la energía de las moléculas se reduciría a cero. Sin embargo, incluso al cero absoluto el movimiento no desaparece del todo. Todavía hay algo de energía que no se puede hacer desaparecer. A efectos prácticos se puede decir que la energía es cero, pero en realidad no es así. Materia y movimiento, como Engels planteó, son absolutamente inseparables, incluso al cero absoluto.

Hoy en día se consiguen temperaturas increíblemente bajas de forma rutinaria, y juegan un papel importante en la producción de superconductores. El mercurio se convierte en superconductor exactamente a 4’12 grados Kelvin (K); el plomo, a 7’22 K; el estaño, a 3’73 K; el aluminio, a 1’2 K; el uranio, a 0’8 K; el titanio, a 0’53 K. Unos mil cuatrocientos elementos y aleaciones tienen esta cualidad. El punto de ebullición del nitrógeno líquido es 20’4 K. El helio es el único elemento conocido que no se puede congelar, incluso al cero absoluto. Es la única sustancia que posee la propiedad conocida como superfluidez. Sin embargo, también en este caso, cambios de temperatura provocan saltos cualitativos. A 2’2 K, el comportamiento del helio sufre un cambio tan fundamental que se conoce como helio-2, para diferenciarlo del helio líquido por encima de esa temperatura (helio-1). Utilizando nuevas técnicas se han conseguido temperaturas de 0’000001 K, aunque se cree que el cero absoluto no puede alcanzarse.

Hasta ahora nos hemos centrado en cambios químicos en el laboratorio y en la industria. Pero no deberíamos olvidar que estos cambios se producen a una escala mucho más grande en la naturaleza. Dejando de lado las impurezas, la composición química del carbón y de los diamantes es la misma: carbono. La diferencia

entre ambos es producto de una presión colosal que, en un punto determinado, transforma el contenido de un saco de carbón en el collar de una duquesa. Para convertir grafito común en diamante se necesitaría una presión de por lo menos 10.000 atmósferas durante un largo período de tiempo. Este proceso se da de forma natural bajo la superficie de la Tierra. En 1955, el monopolio GEC consiguió convertir grafito en diamante a una temperatura de 2.500 ºC y una presión de 100.000 atmósferas. En 1962 se consiguió el mismo resultado a 5.000 ºC y 200.000 atmósferas, convirtiendo el grafito directamente en diamante, sin ayuda de catalizador. Estos diamantes sintéticos no se utilizan para adornar los cuellos de las duquesas, sino con fines mucho más productivos como herramientas de corte en la industria.

TRANSICIONES DE FASE

Un importante campo de investigación es el de las *transiciones de fase:* el punto crítico en que la materia cambia de sólido a líquido, o de líquido a vapor, o de no magnético a magnético, o de conductor a superconductor. Todos estos procesos son diferentes, pero se ha demostrado fuera de toda duda que son similares, tanto que las matemáticas que se aplican a uno se pueden utilizar en muchos otros. Este es un ejemplo muy claro de un salto cualitativo, como demuestra esta cita de James Gleick:

"Como tantas otras cosas del caos, las transiciones de fase incluyen un comportamiento macroscópico, difícil de predecir con el estudio de los detalles microscópicos. Las moléculas de un sólido calentado vibran con la energía adicional. Fuerzan sus límites hacia el exterior y hacen que la sustancia se expanda. Cuanto más calor, tanto más intensa será la expansión. Pero, a temperatura y presión determinadas, el cambio se vuelve repentino y discontinuo. Se ha tirado de una cuerda y se rompe. La forma cristalina se deshace y las moléculas se apartan unas de otras. Obedecen a leyes de los fluidos que hubieran sido imposibles de inferir de cualquier aspecto del sólido. El promedio de energía atómica casi no ha cambiado, pero la materia —ahora líquida, o un imán, o un superconductor— ha entrado en un reino nuevo"[28].

La dinámica de Newton era suficiente para explicar fenómenos a gran escala, pero se hizo inservible para sistemas de dimensiones atómicas. De hecho, la mecánica clásica es válida para la mayoría de operaciones que no implican grandes velocidades o procesos que se dan en el nivel subatómico. Trataremos en detalle sobre la mecánica cuántica, que representa un salto cualitativo en la ciencia, en otra sección. Su relación con la mecánica clásica es similar a la que existe entre las matemáticas superiores y clásicas, o entre la dialéctica y la lógica formal. Puede explicar hechos que la mecánica clásica no puede, como la transformación radiactiva, la transformación de materia en energía. Da lugar a nuevas ramas de la cien-

28. J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, pp. 134-35.

cia —la química teórica, capaz de resolver problemas que eran irresolubles—. La teoría del magnetismo metálico provocó un cambio fundamental, posibilitando brillantes descubrimientos en el flujo de electricidad a través de metales. Una vez que se aceptó el nuevo punto de vista, toda una serie de dificultades teóricas quedaron eliminadas. Pero durante mucho tiempo se encontró con una feroz resistencia, precisamente porque sus resultados chocaban frontalmente con el método de pensamiento tradicional y las leyes de la lógica formal.

La física moderna proporciona gran cantidad de ejemplos de las leyes de la dialéctica, empezando por la cantidad y la calidad. Tomemos, por ejemplo, la relación entre los diferentes tipos de ondas electromagnéticas y sus frecuencias, es decir, su velocidad de pulsación. El trabajo de James C. Maxwell, en el que Engels estaba muy interesado, demostró que las ondas electromagnéticas y las ondas lumínicas eran del mismo tipo. La mecánica cuántica demostró más tarde que la situación es mucho más compleja. Pero, a bajas frecuencias, la teoría de las ondas se puede aplicar bastante bien.

Las propiedades de las ondas están determinadas por el número de oscilaciones por segundo. La diferencia estriba en la frecuencia de las ondas, la velocidad de pulsación, el número de vibraciones por segundo. Es decir, cambios cuantitativos dan lugar a diferentes tipos de señales de onda. Trasladado a colores, el rojo indica ondas lumínicas de baja frecuencia. Un aumento de la frecuencia de vibración convierte el color en naranja-amarillo, luego violeta, después en invisibles rayos ultravioleta y rayos X, y finalmente en rayos gamma. Si vamos al otro extremo del proceso, pasamos de infrarrojos y rayos calóricos a ondas de radio. Es decir, el mismo fenómeno se manifiesta de maneras diferentes según la frecuencia sea mayor o menor. Cambios cuantitativos que pasan a ser cualitativos.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Frecuencia en hertzios (oscilaciones/segundo)	*Nombre*	*Comportamiento aproximado*
10^2	Perturbación eléctrica	Campo
$5 \times 10^5 - 10^6$	Radiodifusión	Onda
10^8	FM-TV	
10^{10}	Radar	
$5 \times 10^{14} - 10^{15}$	Luz	
10^{18}	Rayos X	Partícula
10^{21}	Rayos γ nucleares	
10^{24}	Rayos γ artificiales	
10^{27}	Rayos γ en rayos cósmicos	

Fuente: R. P. Feynman, *Lectures on Physics*, capítulo 2, p. 2, tabla 2-1.

ORGÁNICO E INORGÁNICO

La ley de la cantidad y la calidad también sirve para aclarar uno de los aspectos más controvertidos de la física moderna, el llamado *principio de incertidumbre de Heisenberg*, que examinaremos más en detalle en otra sección. Aunque es imposible conocer la posición y velocidad exactas de una partícula subatómica en concreto, es posible predecir con bastante exactitud el comportamiento de un gran número de partículas. Un ejemplo más: los átomos radiactivos se descomponen de tal manera que hacen imposible una predicción detallada. Sin embargo, un gran número de átomos se descompone con una frecuencia tan estadísticamente fiable que los científicos los utilizan como "relojes" para calcular la edad de la Tierra, el Sol y las estrellas. El mero hecho de que las leyes que gobiernan el comportamiento de las partículas subatómicas sean tan diferentes de las que se aplican en el mundo "normal" es en sí mismo un ejemplo de la transformación de la cantidad en calidad. El punto exacto en que las leyes de los fenómenos a pequeña escala dejan de aplicarse fue definido por la *acción cuántica* planteada por Max Planck en 1900.

En un punto determinado, la concatenación de circunstancias provoca un salto cualitativo en el que la materia orgánica surge de la inorgánica. La diferencia entre ambas es sólo relativa. La ciencia moderna ha avanzado bastante en el proceso de conocer exactamente cómo surge la una de la otra. La vida en sí misma consiste en átomos organizados de determinada manera. Todos nosotros somos un conjunto de átomos, pero no "simplemente" un conjunto de átomos. En la increíblemente complicada organización de nuestros genes tenemos un número infinito de posibilidades. La tarea de permitir que cada individuo las desarrolle hasta su máxima expresión es la auténtica tarea del socialismo.

Los biólogos moleculares conocen ahora la secuencia completa del ADN de un organismo, pero no pueden deducir de esto cómo se dispone el organismo durante su desarrollo, de la misma manera que el conocimiento de la estructura del agua no nos da una comprensión de las cualidades de la liquidez. Un análisis de los componentes químicos y las células del cuerpo no nos da una fórmula de la vida. Lo mismo se aplica a la mente. Los neurocientíficos tienen una gran cantidad de información de qué hace el cerebro. El cerebro humano se compone de 10.000 millones de neuronas, cada una de las cuales tiene una media de mil conexiones con otras neuronas. El ordenador más veloz es capaz de realizar alrededor de mil millones de operaciones por segundo. El cerebro de una mosca posada en una pared realiza 100.000 millones de operaciones en ese mismo tiempo. Esta comparación nos da una idea de la enorme diferencia entre el cerebro humano y el ordenador más avanzado.

La enorme complejidad del cerebro humano es una de las razones por las que los idealistas han intentado rodear de una aureola mística el fenómeno de la mente. El conocimiento de los detalles de las neuronas, axones y sinapsis individuales no es suficiente para explicar los fenómenos del pensamiento y las emo-

ciones. Sin embargo, no hay en ello nada místico. En el lenguaje de la teoría de la complejidad, tanto la mente como la vida son *fenómenos emergentes*. En el lenguaje de la dialéctica, el salto de la cantidad a la calidad significa que el todo posee cualidades que no pueden ser deducidas de la suma de las partes ni reducidas a ellas. Ninguna de las neuronas es consciente en sí misma, pero sí lo es la suma de las neuronas y sus interconexiones. Las redes neuronales son sistemas no lineales. La actividad compleja y las interacciones entre neuronas producen el fenómeno que llamamos consciencia.

Podemos ver lo mismo en gran número de sistemas multicomponentes en las esferas más variadas. Los estudios de la Universidad de Bath sobre las colonias de hormigas han demostrado que en la colonia aparecen comportamientos que no se ven en las hormigas individuales. Una hormiga sola, dejada a su suerte, dará vueltas sin rumbo, buscando comida y descansando a intervalos irregulares. Sin embargo, cuando pasamos a observar la colonia en su conjunto, inmediatamente se percibe que son activas a intervalos completamente regulares. Se cree que esto maximiza la efectividad de su trabajo: trabajando todas a la vez, es improbable que una hormiga repita la tarea que acaba de realizar otra. El grado de coordinación de una colonia de hormigas es tal, que algunos la consideran como un solo animal. Esto también es una presentación mística de un fenómeno que existe a muchos niveles de la naturaleza y en la sociedad humana y animal, y que sólo se puede entender en términos de la relación dialéctica entre el todo y las partes.

Podemos ver la aplicación de la transformación de la cantidad en calidad cuando consideramos la evolución de las especies. En términos biológicos, la especie o raza animal se define por su capacidad de entrecruzarse. Pero en la medida en que las modificaciones evolutivas alejan a un grupo del otro, llega un punto en que eso ya no es posible: se ha formado una nueva especie. Los paleontólogos Stephen Jay Gould y Niles Eldredge han demostrado que estos procesos unas veces son lentos y prolongados, y otras extremadamente rápidos. En cualquier caso, demuestran cómo una acumulación gradual de pequeños cambios en un momento dado provoca un cambio cualitativo. *Equilibrio puntuado* es el término utilizado por estos biólogos para describir los largos períodos de estabilidad interrumpidos por explosiones repentinas de cambios. Cuando Gould y Eldredge propusieron esta idea en 1972, provocaron un agrio debate entre biólogos, para los que hasta entonces la evolución darwiniana era sinónimo de gradualismo.

Durante mucho tiempo se creyó que la evolución excluía los cambios bruscos. Se había planteado como un cambio lento y gradual. Sin embargo, el registro fósil, aunque incompleto, presenta una imagen totalmente diferente, con largos períodos de evolución gradual salpicados por explosiones violentas acompañadas de extinciones masivas de algunas especies y el rápido surgimiento de otras. Sea cierto o no que los dinosaurios se extinguieron debido a la colisión de un meteorito con la Tierra, es bastante improbable que la mayoría de las grandes extinciones hayan tenido esta misma causa. Los fenómenos externos, incluidos impactos de meteoritos o cometas, pueden jugar un papel "accidental" en el proceso evolutivo, pero es

necesario buscar una explicación a la evolución como resultado de sus propias leyes internas. La teoría del equilibrio *puntuado* ("interrumpido"), que actualmente cuenta con el apoyo de la mayoría de los paleontólogos, representa una ruptura decisiva con la vieja interpretación gradualista del darwinismo y expone una visión dialéctica de la evolución, en la que largos períodos de estabilidad se ven interrumpidos por saltos bruscos y cambios catastróficos de toda índole.

Hay un número inacabable de ejemplos de la ley de transformación de la cantidad en calidad, abarcando un amplio espectro. ¿Es posible seguir dudando, desde una óptica científica, de la validez de esta ley extremadamente importante? ¿Está justificado continuar ignorándola o descartarla como una invención subjetiva que ha sido aplicada arbitrariamente a diferentes fenómenos sin ninguna relación entre sí? Vemos cómo en la física el estudio de las transiciones de fase ha llevado a la conclusión de que cambios aparentemente sin relación —de la ebullición de los líquidos a la magnetización de los metales—, todos se rigen por las mismas reglas. Es sólo una cuestión de tiempo el que se encuentren conexiones similares que revelarán, sin lugar a dudas, que la ley de la transformación de la cantidad en calidad es una de las leyes más fundamentales de la naturaleza.

EL TODO Y LAS PARTES

Según la lógica formal, el todo es igual a la suma de las partes. Sin embargo, examinándolo más atentamente veremos que esto no es cierto. En el caso de los organismos vivos, claramente no lo es. Un conejo troceado en un laboratorio y reducido a sus partes constituyentes, ¡deja de ser un conejo! Los defensores de las teorías del caos y de la complejidad lo han comprendido. Mientras que la física clásica, con sus sistemas lineales, aceptaba que el todo era exactamente la suma de sus partes constituyentes, la lógica no lineal de la complejidad mantiene la afirmación contraria, completamente acorde con la dialéctica:

"El todo casi siempre equivale a bastante más que la suma de sus partes constituyentes", dice Waldrop. "Y la expresión matemática de dicha propiedad —en la medida en que semejantes sistemas pueden ser descritos matemáticamente— es una ecuación *no lineal:* una cuya gráfica es curvilínea"[29].

Ya hemos citado ejemplos de cambios químicos cualitativos utilizados por Engels en el *Anti-Dühring*. Aunque esos ejemplos siguen siendo válidos, no nos dan una visión completa del fenómeno. Engels estaba limitado por el conocimiento científico de su tiempo. Actualmente es posible llegar mucho más lejos. La teoría atómica clásica de la química parte de la idea de que cualquier combinación de átomos en una unidad más grande sólo puede ser un agregado de esos átomos, es decir, una relación puramente cuantitativa. La unión de átomos en moléculas era vista como una simple yuxtaposición. Las fórmulas químicas, como H_2O o

29. M. Waldrop, *op. cit*., p. 65.

H_2SO_4, presuponen que cada uno de esos átomos sigue siendo básicamente el mismo, incluso cuando se combinan para formar una molécula.

Esto reflejaba precisamente la manera de pensar de la lógica formal, que plantea que el todo es la mera suma de las partes. Dado que el peso molecular es igual a la suma de los pesos de los átomos respectivos, se daba por supuesto que los átomos seguían siendo los mismos, habiendo entrado en una relación puramente cuantitativa. Sin embargo, muchas de las propiedades del compuesto no se pueden explicar así. De hecho, muchas de las propiedades químicas de los compuestos difieren considerablemente de las de los elementos que los componen. El llamado "principio de yuxtaposición" no explica estos cambios. Es unilateral, inadecuado; en una palabra, incorrecto.

La teoría atómica moderna ha demostrado la incorrección de esta idea. Aunque acepta que las estructuras complejas se pueden explicar en términos de agregados de factores más elementales, ha demostrado que las relaciones entre estos elementos no son simplemente indiferentes y cuantitativas, sino dinámicas y dialécticas. Las partículas elementales que forman los átomos están en constante interacción, pasando de ser una cosa a otra. No son constantes fijas, sino que en cada momento y al mismo tiempo son ellas mismas y otra cosa. Estas relaciones dinámicas son precisamente las que dan a las moléculas resultantes su naturaleza, propiedades e identidad específicas.

En su nueva combinación, los átomos son y no son ellos mismos. Se combinan de forma dinámica, produciendo una entidad totalmente diferente, una relación diferente que, a su vez, determina el comportamiento de las partes componentes. No estamos tratando simplemente de una yuxtaposición inanimada, de un agregado mecánico, sino de un proceso. Por lo tanto, para comprender la naturaleza de una entidad es totalmente insuficiente reducirla a sus componentes atómicos individuales. Es necesario entender sus interrelaciones dinámicas, es decir, llegar a un análisis dialéctico, no formal.

David Bohm fue uno de los pocos que elaboró una alternativa teórica a la subjetivista "interpretación de Copenhague" de la mecánica cuántica. El análisis de Bohm, claramente influido por el método dialéctico, defiende un replanteamiento radical de la mecánica cuántica y un nuevo punto de vista de la relación entre el todo y las partes. Plantea que la interpretación corriente de la mecánica cuántica no da una idea precisa del alcance de la revolución que supuso en la física moderna.

"De hecho", dice Bohm, "cuando se extiende esta interpretación a las teorías de los campos, no sólo las interrelaciones de las partes, sino también su existencia surge de la ley del conjunto. Por lo tanto no queda nada del esquema clásico, en el que el todo se deriva de las partes preexistentes relacionadas de maneras predeterminadas. Más bien, lo que tenemos es algo que recuerda a la relación del todo y las partes de un organismo, en el que cada órgano crece y se sostiene de una manera que depende crucialmente del conjunto"[30].

30. D. Bohm, *op. cit*.

Una molécula de azúcar se puede dividir en los átomos individuales que la constituyen, pero entonces deja de ser azúcar. Una molécula no se puede reducir a sus partes componentes sin perder su identidad. Este es precisamente el problema cuando intentamos tratar un fenómeno complejo desde un punto de vista puramente cuantitativo. La simplificación resultante de no tener en cuenta el aspecto *cualitativo* nos lleva a una visión unilateral y distorsionada del mundo real. Es precisamente la *calidad* la que nos permite distinguir una cosa de otra. La calidad es la base de toda nuestra comprensión del mundo porque expresa la naturaleza fundamental de todas las cosas, mostrando las fronteras críticas que existen en la realidad material. El punto exacto en el que pequeños cambios de grado dan lugar a cambios de estado es uno de los problemas fundamentales de la ciencia. Es una cuestión que ocupa un lugar central en el materialismo dialéctico.

ORGANISMOS COMPLEJOS

La vida surgió del salto cualitativo de la materia inorgánica a la orgánica. La explicación de los procesos que provocaron ese salto constituye uno de los problemas más emocionantes e importantes de la ciencia actual. Los avances de la química, analizando detalladamente las estructuras de moléculas complejas, prediciendo con gran precisión su comportamiento e identificando el papel de moléculas concretas en sistemas vivos, prepararon el camino para el surgimiento de nuevas ciencias, la bioquímica y la biofísica, que se ocupan respectivamente de las reacciones químicas en los organismos vivos y las implicaciones de los fenómenos físicos en los procesos vivos. Éstas a su vez se han unido en la biología molecular, que ha experimentado sus avances más sorprendentes en los últimos años.

De esta manera, las viejas divisiones fijas que separaban la materia orgánica de la inorgánica han sido completamente abolidas. En otros tiempos los químicos establecieron una distinción rígida entre las dos. Gradualmente se fue comprendiendo que las mismas leyes químicas se aplican a moléculas orgánicas e inorgánicas. Todas las sustancias que contienen carbono (con la posible excepción de unos pocos compuestos simples, como el dióxido de carbono) se definen como orgánicas. El resto son inorgánicas. Sólo los átomos de carbono pueden formar largas cadenas, posibilitando de esta manera una infinita variedad de moléculas complejas.

Los químicos del siglo XIX analizaron las propiedades de las albúminas (del latín *albumen*, "clara de huevo"). A partir de eso se descubrió que la vida dependía de proteínas, grandes moléculas compuestas de aminoácidos. A principios del siglo XX, cuando Planck estaba revolucionando la física, Emil Fischer estaba intentando unir aminoácidos en cadenas de tal manera que el grupo carboxílico de un aminoácido siempre estaba vinculado al grupo amino del siguiente. Hacia 1907 ya había conseguido sintetizar una cadena de dieciocho aminoácidos. Fischer

llamó a estas cadenas *péptidos* (del griego *pepton*, "para digerir"), ya que pensaba que las proteínas se rompían en cadenas de este tipo en el proceso de la digestión. Esta teoría fue finalmente demostrada por Max Bergmann en 1932.

Estas cadenas todavía eran demasiado simples como para producir las complejas cadenas polipeptídicas necesarias para crear proteínas. Es más, la tarea de descifrar la estructura de una molécula proteínica era increíblemente difícil. *Las propiedades de cada proteína dependen de la relación exacta de aminoácidos en la cadena molecular. También aquí la cantidad determina la calidad.* Esto planteaba un problema aparentemente insuperable para los bioquímicos, dado que el número de combinaciones posibles para diecinueve aminoácidos en una cadena se acerca a 120.000 billones. Por lo tanto, una proteína del tamaño del sérum albúmina, compuesta por más de 500 aminoácidos, tiene un número de combinaciones posibles de 10^{600}, es decir, un 1 seguido de seiscientos ceros. En 1953, el bioquímico británico Frederick Sanger estableció por primera vez la estructura completa de una proteína clave, la insulina. Utilizando el mismo método, otros científicos consiguieron descifrar la estructura de toda una serie de proteínas. Más adelante, consiguieron sintetizar proteínas en laboratorio. Actualmente es posible sintetizar gran cantidad de ellas, incluidas algunas tan complejas como la hormona del crecimiento humano, constituida por una cadena de 188 aminoácidos.

La vida es un sistema complejo de interacciones e implica gran cantidad de reacciones químicas que se producen continua y rápidamente. Cada reacción en el corazón, la sangre, el sistema nervioso, los huesos y el cerebro interacciona con todas las demás partes del cuerpo. El funcionamiento del organismo vivo más pequeño es mucho más complejo que el ordenador más avanzado, permitiendo movimientos rápidos, reacciones inmediatas al mínimo cambio en el entorno, ajustes constantes a las condiciones cambiantes, internas y externas. Aquí, incluso con más énfasis, el todo es más que la suma de las partes. Cada parte del cuerpo, cada reacción muscular y nerviosa, depende de todo lo demás. Aquí tenemos una relación dinámica y compleja, en otras palabras, dialéctica, que por sí sola es capaz de crear y mantener el fenómeno que conocemos con el nombre de vida.

El proceso del metabolismo significa que en cada momento determinado el organismo vivo está constantemente cambiando, absorbiendo oxígeno, agua, comida (hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y otras materias primas), anulándolos a través de su transformación en materiales necesarios para mantener y desarrollar la vida, y excretando los productos desechables. La relación dialéctica entre el todo y las partes se manifiesta en los diferentes niveles de complejidad de la naturaleza, que tienen su reflejo en las diferentes ramas de la ciencia.

a) Las interacciones atómicas y las leyes de la química determinan las leyes de la bioquímica, pero la vida en sí es cualitativamente diferente.

b) Las leyes de la bioquímica "explican" todos los procesos de la interacción humana con el entorno. Sin embargo, la actividad humana y el pensamiento son cualitativamente diferentes a los procesos biológicos que la constituyen.

c) Cada persona individual, a su vez, es el producto de su desarrollo físico y ambiental. Sin embargo, las interacciones complejas de la suma total de individuos que conforman la sociedad también son cualitativamente diferentes.

En cada uno de estos casos, el todo es mayor que la suma de las partes y obedece a leyes diferentes.

En última instancia, toda la existencia y actividad humanas se basa en las leyes del movimiento de los átomos. Nosotros somos parte del universo material, que es un todo continuo que se rige por sus propias leyes inherentes. Sin embargo, cuando pasamos de a) a c), realizamos toda una serie de saltos cualitativos y debemos operar con leyes diferentes a "niveles" diferentes; c) se basa en b), y b) se basa en a). Pero nadie en su sano juicio intentaría explicar los complejos movimientos de la sociedad humana en términos de fuerzas atómicas. Por la misma razón, es absolutamente fútil reducir el problema del crimen a las leyes de la genética.

Un ejército no es simplemente la suma total de sus soldados individuales. El mero hecho de combinarse en una fuerza masiva organizada militarmente transforma al soldado individual, tanto física como moralmente. Mientras mantenga su cohesión, un ejército representa una fuerza formidable. Esto no es sólo una cuestión numérica. Napoleón era plenamente consciente de la importancia de la moral en la guerra. Como parte de una fuerza combatiente numerosa y disciplinada, el soldado individual se transforma, siendo capaz de llevar a cabo actos de heroísmo y sacrificio en situaciones de extremo peligro, que en condiciones normales, como individuo aislado, ni siquiera podría imaginar. Y sin embargo es la misma persona que antes. En el momento en que la cohesión del ejército se rompe bajo el impacto de una derrota, el todo se disuelve en sus "átomos" individuales, y el ejército se convierte en una chusma desmoralizada.

Engels estaba muy interesado en táctica militar, por lo que las hijas de Marx le pusieron el mote de *El General*. Siguió de cerca el desarrollo de la guerra civil norteamericana y de la guerra de Crimea, sobre las que escribió muchos artículos. En *Anti-Dühring*, demuestra cómo la ley de la cantidad y la calidad tiene aplicación en la táctica militar:

"Para terminar, vamos a apelar a otro testimonio más de la mutación de cantidad en calidad, a saber, Napoleón. Este describe el combate de la caballería francesa, de jinetes malos pero disciplinados, contra los mamelucos, indiscutiblemente la mejor caballería de la época en el combate individual, pero también indisciplinada: 'Dos mamelucos eran sin discusión superiores a tres franceses; cien mamelucos equivalían a cien franceses; trescientos franceses eran en general superiores a trescientos mamelucos, y mil franceses aplastaban siempre a mil quinientos mamelucos'.

"Igual que en Marx una determinada magnitud mínima variable de la suma de valor de cambio era necesaria para posibilitar su transformación en capital, así también es, según Napoleón, necesaria una determinada dimensión mínima de la sección de caballería para permitir a la fuerza de la disciplina, que reside en el

orden cerrado y la aplicación según un plan, manifestarse y llegar hasta la superioridad incluso sobre masas mayores de caballería irregular, mejor montadas y de mejores jinetes y guerreros, y por lo menos del mismo valor personal"[31].

EL PROCESO MOLECULAR DE LA REVOLUCIÓN

El proceso de una reacción química implica cruzar una barrera decisiva, conocida como *estado de transición*. En este punto, antes de que los reactivos se conviertan en productos, no son ni una cosa ni la otra. Algunos de los viejos vínculos se están rompiendo y otros nuevos se están formando. La energía necesaria para sobrepasar este punto crítico se conoce como *energía de Gibbs*. Para que una molécula pueda reaccionar, necesita una cierta cantidad de energía, que en un punto determinado la lleva a un estado de transición. A temperaturas normales, sólo una pequeña fracción de las moléculas que reaccionan tiene suficiente energía. A temperaturas mayores, más moléculas tendrán esa energía. Por eso el calor es uno de los medios de acelerar una reacción química. También se puede acelerar con un catalizador, de amplio uso en la industria. Sin catalizadores, muchos procesos, aunque seguirían dándose, lo harían tan lentamente que serían antieconómicos. El catalizador no cambia la composición de las sustancias implicadas ni altera la energía de Gibbs de los reactivos, pero puede facilitar el camino entre ambos.

Hay ciertas analogías entre este fenómeno y el papel del individuo en la historia. Es una distorsión bastante común el pensar que el marxismo no deja lugar para el individuo a la hora de moldear su propio destino. Según esta caricatura, la concepción materialista de la historia lo reduce todo a "las fuerzas productivas". Los seres humanos son vistos como meros agentes ciegos de las fuerzas económicas, marionetas danzando al son de la inevitabilidad histórica. Este punto de vista mecanicista del proceso histórico (determinismo económico) no tiene nada que ver con la filosofía dialéctica del marxismo.

El materialismo histórico parte de la proposición elemental de que los hombres y las mujeres hacen su propia historia. Pero, al contrario que la concepción idealista de los seres humanos como agentes *absolutamente* libres, el marxismo explica que están limitados por las condiciones materiales reales de la sociedad en que nacieron. Estas condiciones están moldeadas fundamentalmente por el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas, que es, en última instancia, la base sobre la que descansan la cultura, la política y la religión humanas. Sin embargo, estas cosas no están determinadas directamente por el desarrollo económico, sino que pueden tener, y de hecho tienen, una vida propia. Las relaciones extremadamente complejas entre todos estos factores tienen un carácter dialéctico, no mecánico. Las personas no escogen las condiciones en que nacen, les

31. Engels, *Anti-Dühring*, p. 132.

vienen dadas. Tampoco es posible, como se imaginan los idealistas, que los individuos impongan su voluntad sobre la sociedad debido simplemente a la grandeza de su intelecto o a la fuerza de su carácter. La teoría según la cual la historia la hacen los "grandes hombres" es un cuento de hadas para entretener a niños de cinco años. Tiene más o menos el mismo valor científico que la "teoría conspiratoria" de la historia, que atribuye las revoluciones a la maligna influencia de "agitadores".

Todo obrero sabe que las huelgas las provocan las malas condiciones laborales y salariales, no los "agitadores". Las huelgas, contrariamente a la impresión que quieren transmitir algunos periódicos sensacionalistas, no son hechos normales. Una fábrica puede estar durante años en un estado de calma aparente. Puede ser que los trabajadores no reaccionen incluso cuando sus condiciones salariales y de trabajo son atacadas. Esto es especialmente verdad en condiciones de paro masivo o cuando los dirigentes sindicales no se ponen al frente de la lucha. Esta indiferencia aparente de la mayoría frecuentemente desmoraliza a la minoría de activistas. Sacan la conclusión equivocada de que el resto de los trabajadores son "atrasados" y nunca van a hacer nada. Pero, por debajo de la superficie de tranquilidad aparente, se están produciendo cambios. Mil pequeños incidentes, injusticias, agravios, ofensas, van dejando gradualmente su poso en la conciencia de los trabajadores. Trotsky describió apropiadamente este proceso como "el proceso molecular de la revolución". Es el equivalente a la energía de Gibbs en una reacción química.

Tanto en la química como en la vida real, los procesos moleculares tardan su tiempo. Ningún químico se quejaría nunca de que la reacción esperada estuviese tardando demasiado, especialmente si no se dan las condiciones para una reacción rápida. Pero en un momento dado se alcanza el estado de transición química. Llegados a ese punto, la presencia de un catalizador es de gran ayuda a la hora de llevar el proceso a un desenlace exitoso del modo más rápido y económico. De la misma manera, en un momento dado, el descontento acumulado en la fábrica explota. La situación cambia radicalmente en veinticuatro horas. Si los activistas no están preparados, si se han dejado decepcionar por el ambiente superficial, el movimiento les pillará con la guardia baja.

Más pronto o más tarde, las cosas se transforman dialécticamente en su contrario. En palabras de la Biblia, "los primeros serán los últimos y los últimos serán los primeros". Lo hemos visto muchas veces, especialmente en la historia de las grandes revoluciones. Capas de trabajadores previamente atrasadas y pasivas pueden pasar de golpe a la primera línea de fuego. La conciencia se desarrolla mediante saltos bruscos y repentinos. Esto se puede ver en cualquier huelga. Y en cada huelga podemos ver elementos de una revolución, aunque en estado embrionario, no desarrollado. En este tipo de situaciones, la presencia de una minoría consciente y audaz puede jugar un papel similar al de un catalizador en una reacción química. En algunas circunstancias, incluso un solo individuo puede ser absolutamente decisivo.

En noviembre de 1917, el destino de la revolución rusa estuvo determinado en última instancia por el papel de dos hombres, Lenin y Trotsky. No hay duda de que sin ellos la revolución hubiese sido derrotada. Los demás dirigentes (Zinóviev, Kámenev, Stalin) capitularon bajo la presión ideológica de clases ajenas. Aquí no se trata de "fuerzas históricas" en abstracto, sino del grado concreto de preparación, previsión, coraje personal y habilidad de los dirigentes. Después de todo, estamos hablando de una lucha de fuerzas vivas, no de una simple ecuación matemática.

¿Quiere esto decir que la interpretación idealista de la historia es correcta? ¿Lo deciden todo los grandes hombres? Dejemos que los hechos hablen por sí mismos. Durante los veinticinco años anteriores a 1917, Lenin y Trotsky pasaron la mayor parte del tiempo más o menos aislados de las masas, casi siempre trabajando con grupos muy reducidos de personas. ¿Por qué, por ejemplo, no pudieron tener el mismo decisivo papel en 1916? ¿O en 1890? Porque no se daban las condiciones objetivas. De la misma manera, un activista sindical que estuviese llamando continuamente a la huelga cuando no hubiera un ambiente propicio para la lucha acabaría por ser el hazmerreír de la fábrica. Igualmente, cuando la revolución quedó aislada en condiciones de atraso económico extremo y la correlación de fuerzas entre las clases había cambiado, ni Lenin ni Trotsky pudieron evitar el auge de la contrarrevolución burocrática, encabezada por un hombre, Stalin, que era, en todos los sentidos, inferior a ellos. Aquí podemos ver la relación dialéctica entre los factores subjetivo y objetivo en la historia.

UNIDAD Y LUCHA DE CONTRARIOS

Miremos donde miremos en la naturaleza, podemos ver la coexistencia dinámica de tendencias opuestas. Esta tensión creativa es la que da vida y movimiento. Heráclito lo comprendió hace 2.500 años. Incluso está presente de forma embrionaria en ciertas religiones orientales, como la idea del *yin* y el *yang* en China, y en el budismo. Aquí la dialéctica aparece de una forma mistificada, pero sin embargo representa una *intuición* del funcionamiento de la naturaleza. La religión hindú contiene el germen de una idea dialéctica cuando plantea tres fases: de creación (Brahma), mantenimiento u orden (Visnú) y destrucción o desorden (Shiva). En su interesante libro sobre las matemáticas del caos, Ian Stewart señala que la diferencia entre los dioses Shiva "el Indómito" y Visnú no es el antagonismo entre el bien y el mal, *sino que los dos principios de armonía y discordia juntos son la base de toda existencia*.

"De la misma forma", escribe, "los matemáticos empiezan a ver el orden y el caos como dos manifestaciones diferentes de un determinismo subyacente. Y ninguna de las dos cosas existe aislada. El sistema típico puede existir en una variedad de estados, algunos ordenados, otros caóticos. En vez de dos polos opues-

tos hay un espectro continuo, de la misma manera que la armonía y la disonancia se combinan en la belleza de la música, el orden y el caos se combinan en la belleza matemática"[32].

En Heráclito todo esto estaba en forma de inspirada intuición. Ahora esta hipótesis ha sido confirmada por una enorme cantidad de ejemplos. La unidad de contrarios está presente en el corazón del átomo, y todo el universo está formado por moléculas, átomos y partículas subatómicas. La cuestión fue claramente planteada por el físico norteamericano R. P. Feynman: "Todas las cosas, aun nosotros mismos, están hechas de partes positivas y negativas finamente granuladas que interactúan de manera enormemente fuerte, todas perfectamente compensadas"[33].

La pregunta es: ¿cómo puede ser que un más y un menos estén "perfectamente compensados"? ¡Esta es una idea contradictoria! En matemáticas elementales, un más y un menos no se "compensan", sino que se anulan recíprocamente. La física moderna ha sacado a la luz las tremendas fuerzas que residen en el interior del átomo. ¿Por qué las fuerzas contradictorias de electrones y protones no se cancelan unas a otras? ¿Por qué el átomo no se desintegra? La explicación actual hace referencia a la "fuerza nuclear fuerte" que mantiene el átomo unido. Pero el hecho es que la unidad de contrarios sigue estando en la base de toda realidad.

Dentro del núcleo de un átomo hay dos fuerzas opuestas: atracción y repulsión. Por un lado, hay repulsiones eléctricas que, si no fuesen frenadas, harían pedazos el núcleo. Por otra parte, hay fuerzas de atracción muy potentes que mantienen unidas a las partículas nucleares. Sin embargo, esta fuerza de atracción tiene sus límites, más allá de los cuales es incapaz de mantenerlo unido. Las fuerzas de atracción, a diferencia de las de repulsión, son de corto alcance. En un núcleo pequeño pueden controlar a las fuerzas disgregadoras, pero en un núcleo grande no les resulta tan fácil.

Más allá de cierto punto crítico, los lazos se rompen y tiene lugar un salto cualitativo, como una gota de agua demasiado grande que está al borde de la ruptura. Cuando se añade un neutrón de más al núcleo, la tendencia a romperse aumenta rápidamente. El núcleo se rompe formando dos núcleos más pequeños, que se separan violentamente liberando una enorme cantidad de energía. Esto es lo que sucede en la fisión nuclear. Podemos ver procesos similares en muchos otros ejemplos de la naturaleza. Tomemos la caída de gotas de agua sobre una superficie lisa. Se romperán en un complejo esquema de gotitas. Esto se debe a que entran en juego dos fuerzas opuestas: la gravedad, que intenta extender el agua en una fina película sobre toda la superficie, y la tensión superficial, la atracción de una gota de agua sobre otra, que intenta mantener el líquido unido, formando glóbulos compactos.

La naturaleza parece funcionar por pares. Tenemos las interacciones fuerte y débil en el nivel subatómico; atracción y repulsión; norte y sur en el magnetismo;

32. I. Stewart, *Does God Play Dice?*, p. 22.
33. R. P. Feynman, *op. cit*., capítulo 2, p. 5.

positivo y negativo en electricidad; materia y antimateria; masculino y femenino en biología; pares y nones en matemáticas; incluso los conceptos de "hacia la derecha" y "hacia la izquierda" en el espín de los electrones. Hay una cierta simetría, en la que tendencias contradictorias, por citar a Feynman, "están compensadas", o, por utilizar la expresión más poética de Heráclito, "están de acuerdo en la diferencia, como las tensiones opuestas de las cuerdas y el arco de un instrumento musical". Hay dos tipos de materia, que pueden denominarse materia positiva y negativa. Los iguales se repelen y los contrarios se atraen.

POSITIVO Y NEGATIVO

En realidad, el positivo no tiene sentido sin el negativo. Son necesariamente inseparables. Hegel explicó hace tiempo que el "ser puro" (sin ningún tipo de contradicción) es lo mismo que la nada pura, es decir, una abstracción vacía. De la misma manera, si todo fuese blanco, para nosotros sería lo mismo que si todo fuera negro. En el mundo real todo contiene positivo y negativo, ser y no ser, porque todo está en movimiento y cambio constantes. Por cierto, las matemáticas demuestran que cero no es igual a nada.

"El cero", escribe Engels, "no carece de contenido porque sea la negación de una cantidad definida. Por el contrario, posee un contenido muy definido. Como línea divisoria entre todas las magnitudes positivas y negativas, como único número en verdad neutral, que no puede ser negativo ni positivo, no sólo es un número muy definido, sino, además, por sí mismo, tiene más importancia que todos los otros números unidos por él. En verdad, el cero es más rico en contenido que cualquier otro número. Colocado a la derecha de cualquier otro, otorga a éste, en nuestro sistema de números, un valor décuplo. En lugar de cero puede usarse aquí cualquier otro signo, pero sólo a condición de que dicho signo, tomado por sí mismo, signifique cero, = 0. De ahí que forme parte de la naturaleza del cero mismo el hecho de que encuentre esta aplicación, y que sólo él pueda aplicarse de esa manera. El cero anula todos los otros números con los cuales se lo multiplica; unido a cualquier otro número como divisor o dividendo, en el primer caso lo vuelve infinitamente grande, en el segundo infinitamente pequeño; es el único número que se encuentra en relación de infinito con cualquier otro número. 0/0 puede expresar cualquier número entre $-\infty$ y $+\infty$ y en cada caso representa una magnitud real"[34].

Las magnitudes negativas en álgebra sólo tienen significado en relación con las magnitudes positivas, sin las cuales no tienen ningún tipo de realidad. La relación dialéctica entre el ser y el no ser es especialmente clara en el cálculo diferencial. Hegel trata a fondo este aspecto en *Ciencia de la Lógica*. Se divertía bastante con la perplejidad de los matemáticos tradicionales, que estaban escandali-

34. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 208.

zados por la utilización de cantidades infinitesimalmente pequeñas y "no pueden sobrevivir sin la sugerencia de que una cierta cantidad no equivale a cero pero es tan despreciable que podría ser ignorada"[35], y no obstante siempre obtiene un resultado exacto.

Es más, todo está en constante relación con otras cosas. Incluso a través de grandes distancias estamos afectados por la luz, la radiación, la gravedad... Aunque nuestros sentidos no lo detecten, existe un proceso constante de interacción que causa una serie de cambios continuos. La luz ultravioleta puede "evaporar" electrones de superficies metálicas de manera parecida a cómo los rayos solares evaporan agua de la superficie del océano. Banesh Hoffmann escribe: "Es un pensamiento extraño y sorprendente que tú y yo estemos involucrados de esta manera en un proceso de intercambio rítmico de partículas los unos con los otros, y con la Tierra y con los animales de la Tierra, con el Sol, la Luna y las estrellas, hasta la galaxia más remota"[36].

La ecuación de Dirac de la energía de un electrón individual implica dos respuestas, una positiva y otra negativa. Es similar a la raíz cuadrada de un número, que puede ser tanto positiva como negativa. Aquí, sin embargo, la respuesta negativa implica una idea contradictoria: energía negativa. Esto parece ser un concepto absurdo desde el punto de vista de la lógica formal. En la medida en que masa y energía son equivalentes, energía negativa implica masa negativa. El propio Dirac estaba inquieto por las implicaciones de su teoría. Se vio obligado a predecir la existencia de partículas que serían idénticas al electrón pero con carga eléctrica positiva, algo de lo que no se había oído hablar previamente.

El 2 de agosto de 1932, Robert Millikan y Carl D. Anderson, del Instituto Californiano de Tecnología, descubrieron una partícula cuya masa era claramente la de un electrón pero que se movía en dirección contraria. No era ni un electrón, ni un protón, ni un neutrón. Anderson la describió como "electrón positivo" o positrón. Este era el nuevo tipo de materia —antimateria— predicha por las ecuaciones de Dirac. Más adelante se descubrió que los electrones y positrones, cuando se encuentran, se eliminan mutuamente, produciendo dos fotones (dos estallidos de luz). De la misma manera, cuando un fotón atraviesa la materia puede dividirse formando un electrón virtual y un positrón.

Este fenómeno de *oposición* existe en física, donde, por ejemplo, cada partícula tiene su antipartícula: electrón y positrón, protón y antiprotón, etc. No son meramente diferentes, sino opuestas en el sentido más literal de la palabra, ya que son idénticas en todo excepto en una cosa: tienen cargas eléctricas opuestas. Por cierto, no importa cuál es la positiva y cuál la negativa, lo importante es la relación entre ambas.

Cada partícula tiene una cualidad denominada *espín*, expresada con un más o un menos, dependiendo de su dirección. Aunque pueda parecer extraño, el fe-

35. Hegel, *Science of Logic*, vol. 1, p. 258.
36. B. Hoffmann, *The Strange Story of the Quantum*, p. 159.

nómeno opuesto de "hacia la derecha" o "hacia la izquierda", que juega un papel decisivo en biología, también tiene su equivalente en el nivel subatómico. Las partículas y las ondas se contradicen unas a otras. El físico danés Niels Bohr se refirió a ello, bastante confusamente, como "conceptos complementarios", con lo cual quería decir que se excluían mutuamente.

Las investigaciones más recientes sobre física de partículas están clarificando el nivel más profundo de la materia descubierto hasta el momento, los *quarks*. Estas partículas también tienen "cualidades" opuestas que no son comparables con las formas normales, obligando a los físicos a crear nuevas cualidades artificiales para poder describirlas. Así, tenemos los *quarks up* (arriba), los *down* (abajo), los *charm* (encanto), los *strange* (extraño), etc. Aunque todavía hay que explorar a fondo las cualidades de los *quarks*, una cosa está clara: la propiedad de la oposición existe en los niveles más fundamentales conocidos por la ciencia hasta el momento.

En realidad, este concepto universal de la unidad de contrarios es la fuerza motriz de todo desarrollo y movimiento en la naturaleza. Es la razón por la cual no es necesario introducir el factor del impulso externo para explicar el movimiento y el cambio (la debilidad fundamental de todas las teorías mecanicistas). El movimiento, que en sí mismo implica una contradicción, sólo es posible como resultado de las tendencias en conflicto y las tensiones internas que residen en el corazón de todas las formas de la materia.

Pueden existir tendencias opuestas en un estado de equilibrio inestable durante largos períodos de tiempo, hasta que algún cambio, incluso un pequeño cambio cuantitativo, destruye el equilibrio, dando paso a un estado crítico que puede provocar una transformación cualitativa. En 1936, Bohr comparó la estructura del núcleo a la de una gota de un líquido, por ejemplo, una gota de lluvia balanceándose en una hoja. La fuerza de la gravedad lucha contra la tensión superficial que mantiene unidas las moléculas de agua. La adición de sólo unas pocas moléculas más al líquido lo hace inestable. La gota, de mayor tamaño, empieza a estremecerse, la tensión superficial ya no puede mantener la masa en la hoja, y todo se precipita.

FISIÓN NUCLEAR

Se puede trazar una analogía bastante exacta entre este ejemplo, aparentemente simple, que se puede observar miles de veces en la vida cotidiana, con los procesos de la fisión nuclear. El propio núcleo no está en descanso, sino en constante cambio. En una mil billonésima fracción de segundo se producen miles de millones de colisiones aleatorias de partículas. Constantemente están entrando y saliendo partículas del núcleo. Sin embargo, el núcleo se mantiene unido gracias a lo que a menudo se describe como la fuerza nuclear o interacción fuerte. Se mantiene en un estado de equilibrio inestable, "al borde del caos", en la expresión de la teoría del caos.

Como en una gota de líquido que se estremece en la medida en que las moléculas se mueven en su interior, las partículas están constantemente moviéndose, transformándose, intercambiando energía. Y como en una gota que ha aumentado de tamaño, el vínculo entre las partículas de un núcleo más grande es menos estable, y es más probable que se rompa. La constante liberación de partículas alfa de la superficie del átomo reduce su tamaño y lo hace más firme. Como resultado puede pasar a ser estable. Pero se descubrió que bombardeando un núcleo grande con neutrones se puede provocar su estallido, liberando parte de la enorme cantidad de energía encerrada en el átomo. Este es el proceso de fisión nuclear. Este proceso puede tener lugar incluso sin el concurso de partículas del exterior. La fisión espontánea (desintegración radiactiva) está produciéndose en todo momento. En un segundo, en una libra de uranio se producen cuatro fisiones espontáneas y unos ocho millones de núcleos emiten partículas alfa. Cuanto más pesado es el núcleo, más probable es el proceso de fisión.

En el mismo corazón de la vida se encuentra la unidad de contrarios. Cuando se descubrieron los espermatozoos, se creyó que eran *homunculae*, seres humanos perfectamente formados en miniatura, que —como Topsy en *La cabaña del Tío Tom*— simplemente crecían. En realidad el proceso es mucho más complejo y dialéctico. La reproducción sexual depende de la combinación de un solo espermatozoide y un óvulo en un proceso en el que ambos son destruidos y preservados al mismo tiempo, transmitiendo toda la información genética necesaria para la creación de un embrión. Después de pasar por toda una serie de transformaciones que guardan una sorprendente similitud con la evolución de toda la vida desde la división de la célula, el resultado final es un individuo totalmente nuevo. Es más, el resultado de esta unión contiene los genes de ambos progenitores, pero de tal forma que es diferente de ambos. Lo que tenemos aquí no es una simple reproducción, sino un desarrollo real. La creciente variedad que esto permite es una de las grandes ventajas de la reproducción sexual.

Encontramos contradicciones a todos los niveles de la naturaleza, y presagian infortunio para aquellos que traten de negarlas. Un electrón no sólo puede estar en dos o más sitios a la vez, también se puede mover simultáneamente en diferentes direcciones. Así que, por desgracia, no nos queda más remedio que afirmar con Hegel: son y no son. Las cosas se transforman en su contrario. Electrones con carga negativa se transforman en positrones de carga positiva. Un electrón que se une a un protón no se destruye, como cabría esperar, sino que produce una nueva partícula, un neutrón, que no posee carga.

Las leyes de la lógica formal han sufrido una derrota aplastante en el campo de la física moderna, en el que han demostrado ser totalmente incapaces de tratar los procesos dialécticos que se dan en el nivel subatómico. Partículas que se desintegran tan rápidamente que es difícil decir si existen o no plantean un problema irresoluble para un sistema que intenta prohibir toda contradicción en la naturaleza y el pensamiento. Esto lleva inmediatamente a nuevas contradicciones también insolubles. El pensamiento se encuentra en oposición a hechos estableci-

dos y repetidamente confirmados mediante experimentos y observaciones. El universo, por medio de un proceso incesante, se hace y rehace una y otra vez. No hay, pues, necesidad de ninguna fuerza externa ni de un "primer impulso", como en la física clásica. No hay necesidad de nada en absoluto, excepto del movimiento infinito e incesante de la materia según sus propias leyes objetivas.

¿POLOS OPUESTOS?

La polaridad es una característica recurrente en la naturaleza. No sólo existe en los polos norte y sur de la Tierra, podemos encontrarla en el resto de los planetas, el Sol y la Luna. También existe en el nivel subatómico, donde los núcleos se comportan precisamente como si tuvieran no uno, sino dos pares de polos magnéticos.

"La dialéctica", escribió Engels, "demostró, con los resultados obtenidos hasta ahora de nuestra experiencia de la naturaleza, que todas las fuerzas polares en general las determinan la acción mutua de los dos polos opuestos; que la separación y oposición de éstos existen sólo dentro de su conexión y unión mutuas, y, a la inversa, que su unión sólo existe en su separación, y su conexión sólo en su oposición. Una vez establecido esto, ya no es posible hablar de una anulación final de la repulsión y la atracción, o de una división final entre una forma de movimiento en una mitad de la materia y la otra forma en la otra mitad; en consecuencia, no puede hablarse de penetración mutua o de separación absoluta de los dos polos. Ello equivaldría a exigir, en el primer caso, que los polos norte y sur de un imán se anularan entre sí, o, en el segundo, que la división de un imán por el medio entre los dos polos, produzca por un lado una mitad norte sin polo sur, y por el otro una mitad sur sin polo norte"[37].

La gente considera que algunas cosas son contrarios absolutos e inmutables. Por ejemplo, cuando queremos expresar la noción de extrema incompatibilidad, utilizamos el término de "polos opuestos" —tomamos el norte y el sur como fenómenos totalmente fijos y opuestos—. Durante más de mil años, los marineros han depositado su fe en la brújula, que les ha guiado a través de océanos desconocidos señalando siempre hacia ese punto misterioso llamado polo norte. Pero si lo analizamos más de cerca, veremos que el polo norte no es ni fijo ni estable. La Tierra está rodeada de un poderoso campo magnético (un eje bipolar geocéntrico), como si un enorme imán situado en el centro de la Tierra estuviese alineado paralelamente al eje terrestre. Esto está relacionado con la composición metálica del núcleo de la Tierra, que está formado principalmente de hierro. En los 4.600 millones de años transcurridos desde que se formó el sistema solar, las rocas terrestres se han formado y vuelto a formar muchas veces. Y no sólo las rocas, también todo lo demás. Se ha comprobado más allá de toda duda, mediante inves-

37. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 65.

tigaciones y mediciones cuidadosas, que los polos magnéticos están cambiando continuamente. En la actualidad se mueven muy lentamente, 0’3 grados cada millón de años. Este fenómeno es el reflejo de los cambios complejos que se dan en la Tierra, la atmósfera y el campo magnético solar.

Esta variación es tan pequeña que durante siglos no se detecta. Sin embargo, incluso este proceso imperceptible de cambio da lugar a un salto brusco y espectacular, en el que el polo norte pasa a ser el polo sur y viceversa. Los cambios en la posición de los polos van acompañados de fluctuaciones en la potencia del propio campo magnético. Este proceso gradual, caracterizado por un debilitamiento del campo magnético, culmina en un salto cualitativo en el que los polos se invierten, cambian sus posiciones convirtiéndose literalmente el uno en el otro. Después de esto, el campo empieza a recuperarse y a acumular fuerza de nuevo.

Este cambio revolucionario ha tenido lugar muchas veces durante la historia de la Tierra. Se calcula que se han producido más de doscientos cambios polares de este tipo en los últimos 65 millones de años, y por lo menos unos cuatro en los últimos cuatro millones de años. De hecho, hace 700.000 años, el polo norte magnético estaba situado en algún lugar de la Antártida, el actual polo sur geográfico. Actualmente estamos en un proceso de debilitamiento del campo magnético terrestre, que inevitablemente culminará en una nueva inversión. Del estudio de la historia magnética de la Tierra se ocupa una rama totalmente nueva de la ciencia, el paleomagnetismo, que trata de construir mapas de todas las inversiones de los polos en la historia de nuestro planeta.

Los descubrimientos del paleomagnetismo han aportado pruebas concluyentes de la corrección de la teoría de la deriva continental. Cuando las rocas (especialmente las volcánicas) crean minerales ricos en hierro, éstos responden al campo magnético terrestre existente en ese momento de la misma manera que un trozo de hierro reacciona ante un imán, de tal suerte que sus átomos se orientan alineándose según el eje del campo. En realidad se comportan como una brújula. Comparando las orientaciones de los minerales en rocas de la misma era de diferentes continentes, es posible trazar los movimientos de las masas continentales, incluidas las que ya no existen o de las que sólo quedan unos pocos vestigios.

La inversión de los polos es uno de los ejemplos más gráficos de la ley dialéctica de la unidad y lucha de contrarios. Norte y sur, polos opuestos en el sentido más literal de la palabra, no sólo están inseparablemente unidos, sino que están determinados el uno por el otro mediante un proceso complejo y dinámico que culmina en un salto repentino en el que fenómenos supuestamente fijos e inmutables se convierten en sus contrarios. Y este proceso dialéctico no es la invención arbitraria y caprichosa de Hegel y Engels, sino que está demostrado de forma concluyente por los más recientes descubrimientos del paleomagnetismo. Cierto es que “si los hombres callasen, las piedras gritarían”.

Atracción y repulsión es una extensión de la ley de unidad y lucha de contrarios. Es una ley que se puede encontrar en toda la naturaleza, desde los fenómenos más pequeños a los más grandes. En el átomo existen enormes fuerzas de

atracción y repulsión. El átomo de hidrógeno, por ejemplo, se compone de un protón y un electrón unidos por la atracción eléctrica. La carga de la partícula puede ser positiva o negativa. Cargas iguales se repelen, mientras que cargas opuestas se atraen. Así, dentro del núcleo, los protones se repelen, pero el núcleo se mantiene unido por la fuerza nuclear. Sin embargo, en un núcleo muy pesado, la fuerza de repulsión eléctrica puede alcanzar un punto en el que sobrepase a la fuerza nuclear, desintegrando el núcleo.

Engels hace hincapié en el papel universal de la atracción y la repulsión: "Todo movimiento consiste en el juego recíproco de atracción y repulsión. Pero el movimiento sólo es posible cuando cada una de las atracciones queda compensada por una repulsión correspondiente en algún otro lugar. De lo contrario, con el tiempo predominaría un lado sobre el otro y al cabo terminaría todo movimiento. De ahí que todas las atracciones y repulsiones del universo tengan que equilibrarse entre sí. Así, la ley de la imposibilidad de crear o destruir el movimiento se expresa como que cada movimiento de atracción del universo debe tener como complemento uno equivalente de repulsión, y viceversa. O como lo expresaba la filosofía antigua mucho antes de la formulación por las ciencias naturales de la ley de la conservación de la energía: la suma de todas las atracciones del universo es igual a la suma de todas las repulsiones".

En tiempos de Engels predominaba la idea, derivada de la mecánica clásica, de que el movimiento es consecuencia de una fuerza externa que sobrepasa la inercia. Engels criticó con bastante severidad la expresión "fuerza", ya que la consideraba unilateral e insuficiente para describir los procesos reales en la naturaleza. "Todos los procesos naturales," escribió, "son bilaterales, se basan por lo menos en la relación de dos partes actuantes, la acción y la reacción. Pero la idea de fuerza, debido a que tiene su origen en la acción del organismo humano sobre el mundo exterior, y más aun en la mecánica terrestre, implica que sólo una parte es activa, actuante, en tanto que la otra es pasiva, receptiva"[38].

Engels iba muy por delante de su tiempo al criticar este concepto, que ya Hegel había atacado. En su *Historia de la filosofía*, Hegel señala: "Es mejor [decir] que un imán tiene *alma* [como lo expresa Tales], y no que posee fuerza de atracción. La fuerza es una especie de propiedad que, *separable de la materia*, se postula como predicado, en tanto que el alma, por otro lado, *es ese movimiento mismo, idéntico a la naturaleza de la materia*". Este comentario de Hegel, citado favorablemente por Engels, contiene una idea profunda: el movimiento y la energía son inherentes a la materia. La materia se mueve y organiza por sí misma.

Incluso la palabra *energía*, en opinión de Engels, no era totalmente acertada, aunque preferible a *fuerza* porque "todavía hace parecer como si la 'energía' fuese algo exterior a la materia, algo implantado en ella. Pero en cualquier circunstancia es preferible a la expresión 'fuerza"[39]. La relación real fue demostra-

38. *Ibíd*., pp. 65 y 72.
39. *Ibíd*., p.71.

da por la teoría de Einstein de la equivalencia de masa y energía, que demuestra que ambas son lo mismo. Este era precisamente el punto de vista del materialismo dialéctico, como lo expresó Engels e, incluso, como lo anticipó Hegel, según demuestra la cita anterior.

NEGACIÓN DE LA NEGACIÓN

Toda ciencia tiene su propio vocabulario, palabras que frecuentemente no coinciden con su uso en la vida cotidiana. Esto puede llevar a dificultades y malentendidos. La palabra "negación" normalmente se entiende como destrucción o aniquilación. Es importante comprender que en la dialéctica tiene un significado totalmente diferente. Significa *negar y preservar al mismo tiempo*. Se puede negar una semilla simplemente pisándola. La semilla es negada, ¡pero no en el sentido dialéctico de la palabra! Sin embargo, si enterramos esa semilla, en condiciones favorables germinará. De esa manera se habrá negado como semilla, originando una planta que más adelante morirá, produciendo nuevas semillas.

Aparentemente esto representa una vuelta al punto de partida. Pero, como los jardineros profesionales saben, semillas aparentemente iguales varían de generación en generación, dando lugar a nuevas especies. Los jardineros también saben que se pueden provocar ciertas tendencias mediante reproducción selectiva. Precisamente esta *selección artificial* dio a Darwin la clave del proceso de la *selección natural* que tiene lugar espontáneamente en la naturaleza, y que es la clave para entender el desarrollo de todos los seres vivos. Lo que aquí tenemos no es simplemente cambio, sino *desarrollo real*, que normalmente pasa de las formas simples a otras más complejas, incluidas las moléculas complejas de la vida, que en un momento determinado surgen de la materia inorgánica.

Consideremos el siguiente ejemplo de negación en la mecánica cuántica. ¿Qué sucede cuando un electrón se une a un fotón? El electrón sufre un "salto cualitativo" y el fotón desaparece. El resultado no es ningún tipo de unidad mecánica o compuesto. Es el mismo electrón de antes, pero en un nuevo estado de energía. Lo mismo cuando un electrón se une a un protón. El electrón se desvanece y hay un salto en el estado de energía y de carga del protón. El protón es el mismo de antes, pero en un nuevo estado de energía y carga. Ahora es eléctricamente neutro, se ha convertido en un neutrón. Dialécticamente hablando, el electrón se ha negado y preservado al mismo tiempo. Ha desaparecido, pero no se ha aniquilado. Entra en una nueva partícula y se expresa como un cambio de energía y carga.

Los antiguos griegos estaban familiarizados con la discusión dialéctica. En un debate llevado correctamente, se plantea una idea (*tesis*), a la que se contrapone el punto de vista contrario (*antítesis*), que la niega. Finalmente, a través de un proceso de discusión a fondo que explora el asunto en cuestión desde todos los puntos de vista, descubriendo todas las contradicciones ocultas, llegamos a una con-

clusión (*síntesis*). Podemos llegar o no a un acuerdo, pero a través de la propia discusión hemos profundizado nuestro conocimiento y comprensión, y hemos elevado todo el debate a un plano superior.

Es bastante evidente que casi ninguno de los críticos del marxismo se ha tomado la molestia de leer a Marx y Engels. Frecuentemente se supone que la dialéctica consiste en "tesis-antítesis-síntesis", que Marx supuestamente habría copiado de Hegel (que a su vez lo habría copiado de la Santísima Trinidad), aplicado a la sociedad. Pero en realidad, el materialismo dialéctico de Marx es lo contrario de la dialéctica idealista hegeliana, y ésta a su vez es bastante diferente de la dialéctica de los filósofos de la Grecia clásica.

Plejánov, correctamente, criticó el intento de reducir el imponente edificio de la dialéctica hegeliana a la "simple tríada" de tesis-antítesis-síntesis. La avanzada dialéctica de Hegel guarda aproximadamente la misma relación con la de los griegos que la química moderna con las primitivas investigaciones de los alquimistas. Es cierto que la de los griegos preparó el camino para la dialéctica hegeliana, pero decir que son "básicamente lo mismo" es simplemente ridículo. Hegel volvió a Heráclito, pero a un nivel cualitativamente superior, enriquecido por 2.500 años de avances científicos y filosóficos. El desarrollo de la dialéctica es en sí mismo un proceso dialéctico.

Hoy en día la palabra "alquimia" se utiliza como sinónimo de charlatanería. Conjura todo tipo de imágenes de maleficios y magia negra. Estos elementos estaban presentes en la historia de la alquimia, pero sus actividades no se limitaban de ninguna manera a esto. En la historia de la ciencia, la alquimia jugó un papel muy importante. Alquimia es una palabra árabe que se utiliza para cualquier ciencia de los materiales. Había charlatanes, ¡pero también muy buenos científicos! Y química es la palabra occidental para la misma cosa. De hecho, muchos términos químicos son de origen árabe: ácido, alcalino, alcohol, etc.

Los alquimistas partían de la idea de que era posible la transmutación de los elementos. Durante siglos trataron de descubrir la "piedra filosofal", que les iba a permitir transformar un metal base (plomo) en oro. Si lo hubiesen conseguido no habrían ganado mucho, ya que el precio del oro se hubiera desplomado rápidamente hasta alcanzar el precio del plomo. Pero ésa es otra historia. Dado el nivel de desarrollo de la técnica en aquel tiempo, los alquimistas estaban tratando de hacer lo imposible. Al final se vieron obligados a llegar a la conclusión de que la transmutación de los elementos era imposible. Sin embargo sus esfuerzos no fueron en vano. En su búsqueda de una hipótesis anticientífica (la piedra filosofal) hicieron un trabajo pionero muy valioso, desarrollando el arte de la experimentación, inventando instrumentos que todavía se utilizan en los laboratorios modernos y describiendo y analizando una amplia gama de reacciones químicas. De esta manera, la alquimia preparó el terreno para el desarrollo de la química.

La química moderna solamente pudo desarrollarse repudiando la hipótesis básica de los alquimistas, la transmutación de los elementos. Desde finales del siglo XVIII, la química se desarrolló sobre bases científicas. Dejando atrás las

intenciones grandiosas del pasado, realizó enormes avances. Entonces, en 1919, el científico inglés Rutherford llevó a cabo un experimento consistente en bombardear un núcleo de nitrógeno con partículas alfa, lo que por primera vez llevó a la ruptura del núcleo atómico. De esta manera consiguió transmutar un elemento (nitrógeno) en otro (oxígeno). La larga búsqueda de los alquimistas se había resuelto, ¡pero de una manera totalmente diferente a lo que ninguno de ellos podía haber previsto!

Veamos este proceso un poco más de cerca. Empezamos con la tesis *a* (transmutación de los elementos). Ésta es negada por la antítesis *b* (es imposible la transmutación de los elementos), que a su vez es superada por una segunda negación, *c* (otra vez transmutación de los elementos). Aquí debemos resaltar tres cosas. En primer lugar, cada negación marca un avance definido y, de hecho, un salto cualitativo. En segundo lugar, cada avance niega el estadio anterior, reacciona en su contra, pero al mismo tiempo preserva todo lo que de útil y necesario hay en él. Y por último, el estadio final —la negación de la negación— no significa una vuelta a la idea original (en este caso, la alquimia), sino la reaparición de las formas primitivas a un nivel cualitativamente superior. Por cierto, sería posible convertir plomo en oro, pero sería tan caro que no valdría la pena.

La dialéctica considera los procesos fundamentales del universo, la sociedad y la historia de las ideas no como un círculo cerrado en el que los mismos procesos simplemente se repiten en un ciclo mecánico sin fin, sino como una especie de espiral abierta de desarrollo en la que nada se repite nunca de la misma manera. Este proceso se puede ver claramente en la historia de la filosofía o de la ciencia. Toda la historia del pensamiento consiste en un proceso inacabable de desarrollo mediante contradicciones.

Para explicar cierto fenómeno se plantea una teoría. Ésta va ganando aceptación gradualmente, tanto a través de la acumulación de evidencias que la apoyan como por la ausencia de una alternativa satisfactoria. Llega un punto en el que aparecen ciertas discrepancias, que al principio habían sido consideradas como excepciones sin mayor importancia. Entonces surge una nueva teoría que contradice a la vieja y que parece explicar mejor los hechos observados. Después de un período de pugna, la nueva teoría sustituye a la ortodoxia existente. Pero de ésta surgen nuevas preguntas a las que hay que dar respuesta. En muchos casos parece que se vuelve a las ideas que habían quedado desacreditadas. Pero eso no significa volver al punto de partida. Lo que tenemos es un proceso dialéctico, que implica un conocimiento cada vez más profundo del funcionamiento de la naturaleza, de la sociedad y de nosotros mismos. Ésta es la dialéctica de la historia, la filosofía y la ciencia.

Joseph Dietzgen dijo una vez que un hombre viejo que eche un vistazo atrás puede ver su vida como una serie inacabable de errores que, si pudiese volver atrás, sin duda trataría de eliminar. Pero entonces se encuentra con la contradicción dialéctica de que sólo a través de esos errores ha podido llegar a la sabiduría que le ha permitido juzgarlos como tales errores. Así, tal y como Hegel observó

profundamente, las mismas afirmaciones en los labios de un joven no tienen el mismo peso que cuando son pronunciadas por un hombre al que la experiencia de la vida ha llenado de conocimientos. Son las mismas y, no obstante, no son las mismas. Lo que al principio era un pensamiento abstracto, con poco o ningún contenido, ahora es el producto de una reflexión madura.

Fue el genio de Hegel el que comprendió que la historia de las diferentes escuelas filosóficas era en sí misma un proceso dialéctico. Lo compara con la vida de una planta, que pasa por diferentes etapas que se niegan las unas a las otras, pero que en su conjunto representan su vida:

"La mente normal, cuanto más toma como fija la oposición entre verdadero y falso, más se acostumbra a esperar acuerdo o contradicción con un sistema filosófico dado, y a ver razón sólo en uno u otro en cualquier declaración explicativa con relación a tal sistema. No concibe la diversidad de sistemas filosóficos como la evolución progresiva de la verdad; en su lugar, sólo ve contradicción en esa variedad. El capullo desaparece cuando sale la flor, y podríamos decir que el primero es refutado por la segunda; de la misma manera cuando surge la fruta, se puede explicar la flor como una forma falsa de la existencia de la planta, ya que la fruta parece ser su existencia real en lugar de la flor. Estos estadios no son meramente diferentes; se suplantan el uno al otro en la medida en que son incompatibles entre sí. Pero la actividad incesante de su propia naturaleza inherente los convierte al mismo tiempo en momentos de una unidad orgánica, donde no se contradicen simplemente los unos a los otros, sino que uno es tan necesario como el otro; y esta necesidad igual de todos los momentos constituye por sí sola y de esa manera la vida del conjunto"[40].

LA DIALÉCTICA DE 'EL CAPITAL'

En los tres volúmenes de *El capital*, Marx nos da un ejemplo brillante de cómo se puede utilizar el método dialéctico para analizar los procesos fundamentales de la sociedad. De esta manera revolucionó la ciencia de la economía política, un hecho reconocido por los economistas actuales, incluso los que se oponen totalmente al punto de vista marxista. El método dialéctico de la obra de Marx es tan importante, que Lenin llegó a decir que era imposible comprender *El capital*, especialmente el primer capítulo, sin haberse leído toda la *Lógica* de Hegel. Esto es sin duda una exageración, pero lo que Lenin quería resaltar era que *El capital* de Marx es en sí una lección monumental de cómo debe aplicarse la dialéctica.

"Si Marx no dejó tras de sí una *Lógica* (con mayúsculas), dejó la *lógica* de *El capital*, y ésta tiene que ser utilizada plenamente en esta cuestión. En *El capital*, Marx aplicó a una sola ciencia la lógica, la dialéctica y la teoría del conocimien-

40. Hegel, *Phenomenology of Mind*, p. 68.

to del materialismo (no son necesarias tres palabras: son la misma cosa), que ha tomado todo lo que de valor había en Hegel y lo ha desarrollado más allá"[41].

¿Qué método utilizó Marx en *El capital?* No impuso las leyes de la dialéctica a la economía, sino que las derivó de un largo y riguroso estudio de todos los aspectos del proceso económico. No planteó un esquema arbitrario y después intentó encajar los hechos en él, sino que sacó a la luz las leyes del movimiento de la producción capitalista a través de un análisis cuidadoso del propio fenómeno. En su *Introducción a la crítica de la economía política*, Marx explica su método:

"Aunque había esbozado una introducción general, prescindo de ella, pues, bien pensada la cosa, creo que el adelantar los resultados que han de demostrarse, más bien sería un estorbo, y el lector que quiera realmente seguirme deberá estar dispuesto a remontarse de lo particular a lo general"[42].

El capital representa una ruptura no sólo en el terreno de la economía, sino en el de las ciencias sociales. Tiene una relevancia clara para el tipo de discusiones que están teniendo lugar actualmente entre los científicos. Estas discusiones ya se daban en vida de Marx. En ese momento, los científicos estaban obsesionados con la idea de separar las cosas y examinarlas en detalle. Este método se conoce como "reduccionismo", aunque Marx y Engels, que eran muy críticos con él, lo denominaron "método metafísico". Los mecanicistas dominaron la física durante ciento cincuenta años. Sólo ahora está empezando a tomar cuerpo la reacción contra el reduccionismo. Una nueva generación de científicos se está planteando la tarea de superar esta herencia y avanzar hacia una nueva formulación de principios, en lugar de las viejas aproximaciones.

Gracias a Marx, la tendencia reduccionista en la economía se hundió a mediados del siglo pasado. Después de *El capital*, dicho punto de vista era impensable. El método "Robinsón Crusoe" de explicar la economía política ("imaginémonos dos hombres en una isla desierta...") resurge de vez en cuando en pésimos libros de texto o en vulgares intentos de popularizar la economía, pero no se puede tomar en serio. ¡Las crisis económicas y las revoluciones no se producen entre dos individuos en una isla desierta! Marx no analiza la economía capitalista como la suma total de los actos individuales de intercambio, sino como un sistema complejo, dominado por sus propias leyes, tan poderosas como las leyes de la naturaleza. De la misma manera, los físicos están discutiendo ahora la idea de la complejidad, en el sentido de un sistema en que el todo no es sólo una colección de partes elementales. Por supuesto que es útil saber qué leyes rigen cada parte individual, pero el sistema complejo se regirá por leyes que no son simplemente una extensión de éstas. Este es precisamente el método de Marx en *El capital*, el método del materialismo dialéctico.

Marx empieza su obra con un análisis de la *célula básica* de la economía capitalista: la mercancía. A partir de aquí explica cómo surgen todas las contradic-

41. Lenin, *Collected Works*, vol. 38, p. 319.
42. Marx y Engels, *Obras escogidas*, t. 1, p. 516.

ciones de la sociedad capitalista. El reduccionismo trata como mutuamente incompatibles y excluyentes cosas como el todo y las partes o lo particular y lo universal, cuando en realidad son completamente inseparables y se determinan unas a otras. En el primer volumen de *El capital*, Marx explica el carácter dual de las mercancías como *valores de uso* y *valores de cambio*. La mayor parte de la gente ve las mercancías exclusivamente como valores de uso, objetos concretos y útiles para la satisfacción de los deseos humanos. En todo tipo de sociedad humana siempre se han producido valores de uso.

Sin embargo, la sociedad capitalista hace cosas extrañas con los valores de uso. Los convierte en valores de cambio —bienes que se producen no para el consumo directo, sino para su venta—. Cada mercancía por lo tanto tiene dos caras: la cara familiar y casera de valor de uso y la cara misteriosa y oculta de valor de cambio. El primero está vinculado directamente a las propiedades físicas de una mercancía concreta (llevamos una camiseta, bebemos café, conducimos un coche, etc.). Pero el valor de cambio no se puede ver, llevar ni comer. No tiene ningún tipo de entidad material. Y sin embargo es la característica esencial de una mercancía bajo el capitalismo. La expresión última del valor de cambio es el dinero, el equivalente universal a través del cual todas las mercancías expresan su valor. Estos pequeños trozos de papel verde no tienen ningún tipo de relación con las camisetas, café o coches como tales. No se pueden comer, llevar ni conducir. Sin embargo, es tal el poder que contienen y está tan universalmente reconocido, que la gente mata por ellos.

El carácter dual de la mercancía expresa la contradicción central de la sociedad capitalista: el conflicto entre trabajo asalariado y capital. El obrero piensa que vende su trabajo al empresario, pero en realidad le vende su *fuerza de trabajo*, que el capitalista utiliza como mejor le parece. La plusvalía que se extrae de esta manera es el trabajo no pagado a la clase obrera, la fuente de la acumulación de capital. Es este trabajo no pagado el que mantiene a todos los miembros de la sociedad que no trabajan, a través de la renta, el interés, el beneficio y los impuestos. La lucha de clases es realmente la lucha por la apropiación de la plusvalía.

Marx no inventó la idea de la plusvalía, que ya era conocida por economistas anteriores como Adam Smith y David Ricardo. Pero al descubrir la contradicción central que implica revolucionó completamente la economía política. Este descubrimiento se puede comparar a un proceso similar que tuvo lugar en la historia de la química. Hasta finales del siglo XVIII se asumía que la esencia de la combustión consistía en la separación de las sustancias que se quemaban de una cosa hipotética llamada *flogisto*. Esta teoría servía para explicar la mayor parte de los fenómenos químicos conocidos en ese momento. Entonces, en 1774, el científico inglés Joseph Priestley descubrió algo que llamó *aire desflogistado*, que más tarde se descubrió que desaparecía cuando una sustancia se quemaba en él.

Priestley había descubierto el oxígeno, pero él y otros científicos fueron incapaces de comprender las implicaciones revolucionarias del descubrimiento. Hasta mucho tiempo después continuaron pensando a la vieja usanza. Más tarde, el quí-

mico francés Lavoisier descubrió que ese nuevo tipo de aire era en realidad un producto químico que no desaparecía en el proceso de combustión, sino que se combinaba con la sustancia que se quemaba. Aunque otros habían descubierto el oxígeno, no supieron *qué* habían descubierto. Este fue el gran descubrimiento de Lavoisier. Marx jugó un papel similar en la economía política.

Los predecesores de Marx habían descubierto la existencia de la plusvalía, pero su auténtico carácter seguía en la oscuridad. Sometiendo todas las teorías anteriores, empezando por las de Ricardo, a un análisis profundo, Marx descubrió el carácter real y contradictorio del valor. Examinó todas las relaciones de la sociedad capitalista, empezando por la forma más simple de producción e intercambio de mercancías, y continuando el proceso a través de todas sus múltiples transformaciones, siguiendo un método estrictamente dialéctico.

Marx demostró la relación entre la mercancía y el dinero, y fue el primero en plantear un análisis exhaustivo del mismo. Mostró cómo el dinero se transformaba en capital y cómo este cambio se produce a través de la compraventa de la fuerza de trabajo. Esta distinción fundamental entre trabajo y fuerza de trabajo fue la clave para descifrar los misterios de la plusvalía, un problema que Ricardo había sido incapaz de resolver. Estableciendo la diferencia entre capital constante y capital variable, Marx trazó todo el proceso de formación del capital en detalle, y de esta manera lo explicó, lo que ninguno de sus predecesores había sido capaz de hacer.

El método de Marx es rigurosamente dialéctico y sigue bastante de cerca las líneas principales trazadas por Hegel en su *Lógica*. Esto se reconoce explícitamente en el epílogo a la segunda edición alemana, en el que Marx rinde tributo a Hegel:

"Cuando define con tanta exactitud lo que llama mi método de investigación, y con tanta benevolencia lo que se refiere a la aplicación que hago de éste, ¿qué ha definido el autor sino el método dialéctico? Por cierto que el procedimiento de exposición debe distinguirse *formalmente* del de investigación. A ésta le corresponde apropiarse de la materia en todos sus detalles, analizar sus distintas formas de desarrollo y descubrir sus vínculos íntimos. Una vez cumplida esta tarea, pero sólo entonces, puede exponerse el movimiento real en su conjunto. Si esto se logra, de modo que la vida de la materia se refleje en su reproducción ideal, ese espejismo puede hacer creer en una construcción *a priori* (...).

"Yo critiqué el aspecto místico de la dialéctica hegeliana hace casi treinta años, en una época en que todavía estaba de moda. [Pero en el momento mismo en que redactaba el primer volumen de *Das Kapital*, los epígonos gruñones, presuntuosos y mediocres, que hoy dictan la ley en la Alemania culta, se complacían en tratar a Hegel, como el bueno de Moses Mendelssohn, en tiempos de Lessing, había tratado a Spinoza, es decir, como 'perro muerto'. Por consiguiente, me declaré abiertamente discípulo de ese gran pensador, y en el capítulo sobre la teoría del valor llegué inclusive a coquetear con su manera peculiar de expresarse]. Pero si bien, debido a su confusión, Hegel desfigura la dialéctica por medio

del misticismo, es, sin embargo, el primero que expone su movimiento de conjunto. En él se encuentra cabeza abajo; basta con ponerla sobre sus pies para encontrarle su fisonomía en todo sentido racional.

"En su aspecto místico, la dialéctica se convirtió en una moda en Alemania, porque parecía glorificar las cosas existentes. En su aspecto racional es un escándalo y una abominación para las clases dirigentes y sus ideólogos doctrinarios, porque en la comprensión positiva de las cosas existentes incluye a la vez el conocimiento de su negación fatal, de su destrucción necesaria; porque al captar el movimiento mismo, del cual todas las formas acabadas son apenas una configuración transitoria, nada puede detenerla; porque en esencia es crítica y revolucionaria"[43].

43. Marx, *El capital*, t. 1, pp. 31-32.

4. La lógica formal y la dialéctica

La capacidad de los seres humanos para pensar lógicamente es fruto de una prolongada evolución social. Precede a la invención de la lógica formal en millones de años. Locke ya expresó esta idea en el siglo XVII: "Dios no ha sido tan ahorrador con los hombres como para hacerlos meras criaturas con dos patas y dejarle a Aristóteles la tarea de hacerlos racionales". Detrás de la lógica, según Locke, hay "una capacidad ingenua de percibir la coherencia o incoherencia de sus ideas"[44].

Las categorías de la lógica formal no caen del cielo. Han tomado forma en el curso del desarrollo socio-histórico del género humano. Son generalizaciones elementales de la realidad reflejadas en las mentes de las personas. Se deducen del hecho de que cualquier objeto tiene ciertas cualidades que lo distinguen de los demás objetos; que cualquier cosa mantiene cierta relación con otras cosas; que los objetos forman categorías más amplias, en las que comparten propiedades específicas; que ciertos fenómenos provocan otros fenómenos, etc.

Hasta cierto punto, como resaltó Trotsky, incluso los animales poseen la capacidad de razonar y sacar ciertas conclusiones de una situación dada. En los mamíferos superiores, especialmente los simios, esta capacidad está bastante desarrollada, como demuestran sorprendentemente recientes investigaciones con chimpancés bonobos. Sin embargo, aunque la capacidad de pensar racionalmente no es exclusiva de nuestra especie, no hay duda de que al menos en esta pequeña esquina del universo el desarrollo del intelecto humano ha alcanzado su punto más alto hasta el momento.

La abstracción es absolutamente necesaria. Sin ella el pensamiento sería imposible. La cuestión es: ¿qué tipo de abstracción? Cuando hago abstracción de la realidad, me concentro en determinados aspectos de un fenómeno dado y dejo de lado otros. Un buen cartógrafo, por ejemplo, no es aquel que reproduce cada detalle de cada casa, cada adoquín de la calle y cada coche aparcado. Tal cantidad de detalles destruiría el objetivo del mapa, que es el de proporcionar un esquema

44. Citado en A. A. Luce, *Logic*, p. 8.

útil de una ciudad u otra área geográfica. De manera parecida, el cerebro aprende desde muy temprano a ignorar ciertos sonidos y a concentrarse en otros. Si no fuésemos capaces de hacerlo, la cantidad de información que llega a nuestros oídos de todas partes colapsaría totalmente la mente. El propio lenguaje presupone un alto nivel de abstracción.

La capacidad de hacer abstracciones que reflejen correctamente la realidad que queremos entender y describir es el prerrequisito esencial del pensamiento científico. Las abstracciones de la lógica formal son adecuadas para expresar el mundo real sólo dentro de unos límites bastante estrechos. Pero, al ser unilaterales y estáticas, son totalmente inservibles a la hora de expresar procesos complejos, especialmente los que conllevan movimiento, cambio y contradicciones. La concreción de un objeto consiste en la suma total de sus aspectos e interrelaciones, determinados por sus leyes subyacentes. El propósito del conocimiento científico es acercarse lo más posible a la realidad concreta, reflejar el mundo objetivo con sus leyes subyacentes y sus interrelaciones tan fielmente como sea posible. Como dijo Hegel, "la verdad es siempre concreta".

Pero aquí tenemos una contradicción. No es posible llegar a una comprensión del mundo concreto de la naturaleza sin recurrir primero a la abstracción. La palabra "abstracto" viene del latín *abstrahere*, "traer de". Por un proceso de abstracción, tomamos en consideración ciertos aspectos del objeto que pensamos que son importantes, dejando de lado otros. El conocimiento abstracto es necesariamente unilateral porque expresa solamente una cara particular del fenómeno en estudio, aislado de lo que determina la naturaleza específica del todo. Así, las matemáticas tratan exclusivamente de relaciones cuantitativas. Ya que la cantidad es un aspecto muy importante de la naturaleza, las abstracciones matemáticas han demostrado ser una poderosa herramienta para indagar en sus secretos. Por esta razón, es tentador olvidarse de su auténtico carácter y de sus limitaciones. Como todas las abstracciones, siguen siendo unilaterales; si lo olvidamos es bajo nuestra entera responsabilidad.

La naturaleza conoce tanto la cantidad como la calidad. Si queremos entender uno de sus procesos fundamentales, es absolutamente necesario determinar la relación precisa entre ambas y demostrar cómo, en un punto crítico, la una se convierte en la otra. Este es uno de los conceptos más básicos del pensamiento dialéctico, en contraposición al pensamiento meramente formal, y una de sus aportaciones más importantes a la ciencia. Sólo ahora se empieza a comprender y valorar la visión profunda que proporciona este método, que fue criticado durante mucho tiempo por "místico". El pensamiento abstracto unilateral, tal y como se manifiesta en la lógica formal, le hizo un flaco favor a la ciencia "excomulgando" la dialéctica. Pero los avances científicos demuestran que, en última instancia, el pensamiento dialéctico está mucho más cerca de los procesos reales de la naturaleza que las abstracciones lineales de la lógica formal.

Es necesario adquirir una comprensión concreta del objeto como un sistema integral, y no como fragmentos aislados; con todas sus interconexiones necesa-

rias, y no fuera de su contexto, como una mariposa clavada en el panel de un coleccionista; en su vida y movimiento, y no como algo estático y muerto. Este enfoque está en contradicción abierta con las llamadas "leyes" de la lógica formal, la expresión más absoluta de pensamiento dogmático que nunca se haya concebido, una especie de *rigor mortis* mental. Pero la naturaleza vive y respira, y resiste tozudamente el acoso del pensamiento formal. *A* no es igual a *A*. Las partículas subatómicas son y no son. Los procesos lineales terminan en caos. El todo es mayor que la suma de sus partes. La cantidad se transforma en calidad. La propia evolución no es un proceso gradual, sino que está interrumpida por saltos y catástrofes repentinos. ¡Qué le vamos a hacer! Los hechos son los hechos.

Sin abstracción es imposible penetrar el objeto en profundidad, comprender su esencia y las leyes de su movimiento. A través de la abstracción mental somos capaces de ir más allá de la percepción sensorial, la información inmediata que nos proporcionan nuestros sentidos, e indagar más profundamente. Podemos dividir el objeto en sus partes constituyentes, aislarlas y estudiarlas en detalle. Podemos llegar a una concepción idealizada y general del objeto como una forma "pura", despojada de todas sus características secundarias. Esta es la tarea de la abstracción, una etapa totalmente necesaria del proceso de conocimiento.

"El pensamiento", escribe Lenin, "pasando de lo concreto a lo abstracto —teniendo en cuenta que sea *correcto* (y Kant, como todos los filósofos, habla de pensamiento correcto)— no se aleja de la realidad sino que se acerca. La abstracción de la *materia*, de una *ley* de la naturaleza, del *valor*, etc., en resumen, *todas* las abstracciones (correctas, serias, no absurdas) científicas reflejan la naturaleza más profunda, verdadera y *completamente*. De la percepción viva al pensamiento abstracto, y *de éste a la práctica;* este es el camino dialéctico del conocimiento de la *verdad*, del conocimiento de la realidad objetiva"[45].

Una de las principales características del pensamiento humano es que no se limita a lo que es, sino que también trata de lo que debe ser. Estamos haciendo constantemente todo tipo de asunciones lógicas sobre el mundo en que vivimos. Esta lógica no se aprende de los libros, sino que es el producto de un largo proceso de evolución. Experimentos detallados han demostrado que el bebé adquiere los rudimentos de la lógica a una edad muy temprana, a través de la experiencia. Razonamos que si algo es cierto, entonces, otra cosa de la que no tenemos evidencia inmediata también tiene que ser cierta. Procesos de pensamiento lógico de este tipo tienen lugar millones de veces en nuestras horas de vigilia sin que ni siquiera seamos conscientes de ello. Adquieren la fuerza de la costumbre, e incluso las acciones más simples de la vida no serían posibles sin ellos.

La mayoría de la gente da por supuestas las reglas elementales del pensamiento. Son una parte familiar de la vida y se reflejan en muchos refranes, como *No se puede hacer una tortilla sin romper los huevos*, ¡una lección bastante importante! Llegados a cierto punto, estas reglas se escribieron y sistematizaron. Ése es el ori-

45. Lenin, *Collected Works*, vol. 38, p. 171.

gen de la lógica formal, que como tantas otras cosas hay que atribuir a Aristóteles. Esto tuvo un enorme valor, ya que sin el conocimiento de las normas elementales de la lógica el pensamiento corre el riesgo de hacerse incoherente. Es necesario distinguir el blanco del negro y conocer la diferencia entre una afirmación que es cierta y otra que es falsa. Por lo tanto el valor de la lógica formal no está en discusión. El problema es que las categorías de la lógica formal, deducidas de una cantidad de observaciones y experiencias bastante limitadas, realmente sólo son válidas dentro de esos límites. De hecho, cubren una gran cantidad de fenómenos de la vida cotidiana, pero son bastante inadecuadas para tratar con fenómenos más complejos que impliquen movimiento, turbulencia, contradicción y cambio de cantidad en calidad.

En *The Origins of Inference* (Los orígenes de la inferencia), un interesante artículo sobre la construcción infantil del mundo publicado en la antología *Making Sense*, Margaret Donaldson llama la atención sobre uno de los problemas de la lógica ordinaria, su carácter estático:

"La mayoría de las veces el razonamiento verbal trata aparentemente de 'las cosas tal y como son' —el mundo visto de manera estática, en un segmento del tiempo—. Y, considerado de esta manera, el universo parece no contener ninguna incompatibilidad: las cosas son tal como son. Ese objeto de allí es un árbol; esa taza es azul; ese hombre es más alto que aquel. Por supuesto que estos estados de las cosas excluyen otras posibilidades infinitas, pero, ¿cómo nos hacemos conscientes de ello? ¿Cómo surge en nuestra mente esta idea de incompatibilidad? Desde luego, no directamente de nuestras impresiones de 'las cosas tal y como son".

La misma obra plantea correctamente que el proceso de conocimiento no es pasivo, sino activo: "No nos quedamos sentados pasivamente esperando que el mundo estampe su 'realidad' en nosotros. En lugar de eso, tal y como ahora se reconoce ampliamente, conseguimos mucho de nuestro conocimiento más básico a través de nuestras acciones"[46].

El pensamiento humano es esencialmente concreto. La mente no asimila con facilidad conceptos abstractos. Nos sentimos más cómodos con lo que tenemos delante de nuestros ojos o, por lo menos, con cosas que se pueden representar de manera concreta. Es como si la mente necesitase una muleta en forma de imágenes. Sobre esto, Margaret Donaldson resalta que "incluso los niños de preescolar a menudo pueden razonar correctamente sobre acontecimientos que ocurren en cuentos. No obstante, cuando pasamos más allá de los límites del sentido humano se produce una notable diferencia. El pensamiento que va más allá de estos límites, de tal manera que ya no opera dentro de un contexto de apoyo de acontecimientos comprensibles, a menudo se denomina *formal* o *abstracto*"[47].

Por lo tanto, el proceso inicial va de lo concreto a lo abstracto. Se desmiembra y analiza el objeto para obtener un conocimiento detallado de sus partes. Pe-

46. M. Donaldson, *Making Sense*, pp. 98-99.
47. M. Donaldson, *Children's Minds*, p. 76.

ro esto encierra peligros. Las partes aisladas no se pueden entender correctamente al margen de su relación con el todo. Es necesario volver al objeto como un sistema integral y entender la dinámica subyacente que lo condiciona *como un todo*. De esta manera, el proceso de conocimiento vuelve de lo abstracto a lo concreto. Esta es la esencia del método dialéctico, que combina análisis y síntesis, inducción y deducción.

La estafa del idealismo se deriva de una comprensión incorrecta del carácter de la abstracción. Lenin señala que la posibilidad del idealismo es inherente a toda abstracción. El concepto abstracto de una cosa se contrapone artificialmente a la cosa en sí. No sólo se supone que tiene una existencia propia, sino que se afirma que es superior a la realidad material. Se presenta lo concreto como si de alguna manera fuera defectuoso, imperfecto e impuro, a diferencia de la Idea, que es perfecta, absoluta y pura. De esta manera se pone la realidad patas arriba.

La capacidad de pensar abstractamente es una conquista colosal del intelecto humano. No sólo la ciencia "pura", también la ingeniería sería imposible sin el pensamiento abstracto, que nos eleva por encima de la realidad inmediata y finita del ejemplo concreto y da al pensamiento un carácter universal. El repudio del pensamiento abstracto y de la teoría indica un tipo de mentalidad estrecha y filistea que imagina ser "práctica", pero que en realidad es impotente. En última instancia, los grandes avances en la teoría llevan a grandes avances en la práctica. Sin embargo, todas las ideas se derivan de una u otra manera del mundo físico y, en última instancia, se aplican de nuevo a éste. La validez de cualquier teoría, antes o después, se tiene que demostrar en la práctica.

En los últimos años ha habido una sana reacción contra el *reduccionismo* mecánico, contraponiéndole la necesidad de un punto de vista *holístico* de la ciencia. El término holístico es desafortunado debido a sus connotaciones místicas. Sin embargo, al intentar ver las cosas en sus movimientos e interconexiones, la teoría del caos sin duda se acerca a la dialéctica. La relación real entre la lógica formal y la dialéctica es la que hay entre un tipo de pensamiento que toma las cosas por separado y las observa por separado, y el que es capaz de volver a unirlas y hacerlas funcionar de nuevo. Si el pensamiento tiene que tener una correspondencia con la realidad, debe ser capaz de comprenderla como un todo viviente, con todas sus contradicciones.

¿Qué es un silogismo?

"El pensamiento lógico, el pensamiento lógico formal en general", dice Trotsky, "está construido sobre la base de un método deductivo, que procede de un silogismo más general a través de un número de premisas para llegar a la conclusión necesaria. Tal cadena de silogismos se llama *sorites*"[48].

48. Trotsky, *Escritos 1939-40*, vol. 2, p. 536.

Aristóteles fue el primero en escribir una explicación completa tanto de la dialéctica como de la lógica formal como métodos de razonamiento. El objetivo de la lógica formal era proporcionar un punto de referencia para distinguir argumentos válidos de los que no lo eran. Esto lo hizo en forma de silogismos. Existen diferentes tipos de silogismos, que en realidad son variaciones sobre el mismo tema.

Aristóteles, en su *Organon*, establece diez categorías (sustancia, cantidad, calidad, relación, lugar, tiempo, posición, estado, acción, pasión) que forman la base de la *lógica dialéctica*, a la que más tarde Hegel dio expresión completa. Frecuentemente se ignora este aspecto del trabajo de Aristóteles sobre la lógica. Bertrand Russell, por ejemplo, considera que estas categorías no tienen sentido. Pero en la medida en que los positivistas lógicos, como el propio Russell, han descartado prácticamente toda la historia de la filosofía (con la excepción de algunos retales que coinciden con sus dogmas) considerándola "sin sentido", esto no tendría que sorprendernos ni preocuparnos mucho.

El silogismo es un método de razonamiento lógico que se puede describir de muchas maneras. Aristóteles lo describe de la siguiente: "Un discurso en el que, habiendo afirmado ciertas cosas, se deduce necesariamente de su ser otra cosa diferente de lo afirmado". La definición más simple nos la da A. A. Luce: "Un silogismo es una tríada de proposiciones conectadas, relacionadas de tal forma que una de ellas, llamada *conclusión*, se deduce necesariamente de las otras dos, llamadas *premisas*"[49].

Los escolásticos medievales centraron su atención en este tipo de lógica formal, desarrollada por Aristóteles en sus *Analíticos* primeros y segundos, y en esa forma la Edad Media nos legó la lógica aristotélica. En la práctica, el silogismo se compone de dos premisas y una conclusión. El sujeto se encuentra en una de las premisas y el predicado de la conclusión en la otra, junto a un tercer término (*medio*) que se encuentra en ambas premisas pero no en la conclusión. El predicado de la conclusión es el *término mayor;* la premisa que lo contiene es la *premisa mayor;* el sujeto de la conclusión es el término menor; y la premisa que lo contiene es la *premisa menor*. Por ejemplo:

a) Todos los hombres son mortales. (*Premisa mayor*)
b) César es un hombre. (*Premisa menor*)
c) Por lo tanto, César es mortal. (*Conclusión*)

Esto se denomina *declaración afirmativa categórica*. Da la impresión de ser una secuencia lógica de argumentación en la que cada estadio se deduce inexorablemente del anterior. Pero en realidad no es así porque "César" ya está incluido en "todos los hombres". Kant, como Hegel, consideraba el silogismo (esa "doctrina tediosa" como él la llamó) con desprecio. Para él no era "más que un

49. A. A. Luce, *op. cit*., p. 83.

artificio"[50] en el que las conclusiones ya se habían introducido subrepticiamente en las premisas para dar una falsa apariencia de razonamiento.

Otro tipo de silogismo tiene forma condicional (si... entonces), por ejemplo: "Si un animal es un tigre, entonces es carnívoro". Es otra forma de decir lo mismo que la declaración afirmativa categórica, es decir, "todos los tigres son carnívoros". Lo mismo con respecto a su forma negativa: "Si es un pez, no es un mamífero" es sólo otra manera de decir "ningún pez es mamífero". La diferencia formal esconde el hecho de que realmente no hemos avanzado un solo paso.

Lo que esto revela realmente son las conexiones internas entre las cosas no sólo en el pensamiento, sino también en el mundo real. *A* y *B* están relacionadas de cierta manera con *C* (el *medio*) y la premisa, por lo tanto están relacionadas entre sí en la conclusión. Con gran perspicacia y profundidad, Hegel demostró que lo que el silogismo mostraba era la relación de lo particular con lo universal. En otras palabras, que el silogismo en sí mismo es un ejemplo de la unidad de contrarios, la contradicción por excelencia, y que en realidad todas las cosas son un "silogismo".

La época de mayor esplendor del silogismo fue la Edad Media, cuando los escolásticos dedicaban toda su vida a discusiones interminables sobre todo tipo de oscuras cuestiones teológicas, como el sexo de los ángeles. Las construcciones laberínticas de la lógica formal hacían parecer que estaban realmente inmersos en una discusión muy profunda, cuando en realidad *no estaban discutiendo nada*. La razón de esto reside en la propia naturaleza de la lógica formal. Como su nombre sugiere, se trata de la forma; el contenido no cuenta para nada. Éste es precisamente su principal defecto, su talón de Aquiles.

Al llegar el Renacimiento, un nuevo despertar del espíritu humano, la insatisfacción con la lógica aristotélica era generalizada. Hubo una creciente reacción contra Aristóteles, que realmente no era justa con este gran pensador, pero se debió a que la Iglesia Católica había suprimido todo lo que valía la pena de su filosofía, conservando solamente una caricatura inanimada. Para Aristóteles, el silogismo era sólo una parte del proceso de razonamiento, y no necesariamente la más importante. Aristóteles también escribió sobre la dialéctica, pero este aspecto fue olvidado. Se privó a la lógica de toda vida y se la convirtió, en palabras de Hegel, en "los huesos sin vida de un esqueleto".

La repulsa contra este formalismo inerte tuvo su reflejo en el movimiento hacia el empirismo, que dio un enorme impulso a la investigación científica y el experimento. Sin embargo, no es posible dejar al margen todas las formas de pensamiento, y el empirismo llevaba desde el principio la semilla de su propia destrucción. La única alternativa viable a métodos inadecuados e incorrectos de razonamiento es desarrollar métodos adecuados y correctos.

A finales de la Edad Media, el silogismo estaba desacreditado en todas partes. Rabelais, Petrarca y Montaigne, todos lo ridiculizaban. Pero seguía arrastrándose,

50. Kant, *Critique of Pure Reason*, p. 99, nota al pie.

especialmente en los países católicos, que no habían sido afectados por la brisa fresca de la Reforma. A finales del siglo XVIII, la lógica estaba en tan mal estado que Kant se sintió obligado a lanzar una crítica general a las viejas formas de pensamiento en su *Crítica de la razón pura*.

Hegel fue el primero en someter las leyes de la lógica formal a un análisis crítico completo. Al hacerlo estaba completando el trabajo que Kant había empezado. Pero mientras que Kant sólo mostró las deficiencias y contradicciones inherentes a la lógica tradicional, Hegel fue mucho más allá, desarrollando un método totalmente diferente a la lógica, un método dinámico que incluía el movimiento y la contradicción, que la lógica formal es incapaz de tratar.

¿ENSEÑA LA LÓGICA A PENSAR?

La dialéctica no pretende enseñar a la gente a pensar. Esta es la pretensión de la lógica formal, a lo que Hegel replicó irónicamente que la lógica no te enseña a pensar, ¡de la misma manera que la fisiología no te enseña a digerir! Los hombres y mujeres pensaban, e incluso pensaban dialécticamente, mucho antes de que hubiesen oído hablar de la lógica. Las categorías de la lógica, y también de la dialéctica, se deducen de la experiencia real. A pesar de todas sus pretensiones, las categorías de la lógica formal no están por encima del mundo de la realidad material, sino que sólo son abstracciones vacías tomadas de la realidad entendida de una manera unilateral y estática, y posteriormente aplicadas arbitrariamente de nuevo a la realidad.

En contraste, la primera ley del método dialéctico es *objetividad absoluta*. Lo importante es descubrir las leyes del movimiento de un fenómeno dado, estudiándolo desde todos los puntos de vista. El método dialéctico es de gran valor a la hora de aproximarse correctamente a las cosas, evitando disparates filosóficos elementales y construyendo hipótesis científicas sólidas. A la vista de la increíble cantidad de misticismo que ha surgido a partir de hipótesis arbitrarias, sobre todo en la física teórica, ¡no es una ventaja secundaria! Pero el método dialéctico siempre busca derivar sus categorías de un estudio cuidadoso de los hechos y los procesos, no introducir los hechos en una camisa de fuerza preconcebida:

"Todos admitimos", escribió Engels, "que en todos los campos de la ciencia, tanto en las naturales como en la histórica, hay que partir de los *hechos* dados, y por lo tanto, en las ciencias naturales, de las distintas formas materiales y las diversas formas de movimiento de la materia; que, por consiguiente, tampoco en las ciencias sociales hay que encajar las interrelaciones en los hechos, sino que es preciso descubrirlas en ellos, y cuando se las descubre, verificarlas, hasta donde sea posible, por medio de la experimentación"[51].

51. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 47.

La ciencia se basa en la búsqueda de leyes generales que puedan explicar el funcionamiento de la naturaleza. Tomando la experiencia como punto de partida, no se limita a una mera recopilación de hechos, sino que intenta generalizar, yendo de lo particular a lo universal. La historia de la ciencia se caracteriza por un proceso cada vez más profundo de aproximación. Cada vez nos acercamos más a la verdad, sin llegar nunca a conocer *toda la verdad*. En última instancia, la prueba de la verdad científica es el experimento. "El experimento", dice Feynman, "es el *único juez* de la 'verdad' científica"[52].

La validez de las formas de pensamiento depende en última instancia de si se corresponden con la realidad del mundo físico. Esto no se puede establecer a priori, tiene que demostrarse a través de la experimentación y la observación. La lógica formal, en contraste con todas las ciencias naturales, no es empírica. La ciencia deriva sus datos de la observación del mundo real. La lógica se supone que es apriorística, a diferencia de todas las materias de que se ocupa. Existe una contradicción flagrante entre forma y contenido. La lógica no se deriva del mundo real, pero sin embargo se aplica constantemente a los fenómenos de éste. ¿Cuál es la relación entre ambos lados?

Hace tiempo que Kant planteó que las formas de la lógica formal deben reflejar la realidad objetiva o, de lo contrario, no tendrán sentido en absoluto:

"Cuando tenemos razones para considerar un juicio como necesariamente universal (...) también debemos considerarlo objetivo, es decir, que no exprese meramente una referencia de nuestra percepción de un sujeto, sino una cualidad del objeto. Porque no habría ninguna razón para que los juicios de otros hombres coincidiesen necesariamente con el mío, a no ser la unidad del objeto al que todos ellos se refieren y con el que están de acuerdo; de aquí que todos deban estar de acuerdo entre ellos"[53].

Esta idea fue posteriormente desarrollada por Hegel, desbrozando las ambigüedades de la teoría del conocimiento y la lógica kantianas, y finalmente Marx y Engels la pusieron sobre cimientos sólidos:

"Los esquemas lógicos no pueden referirse sino a *formas de pensamiento*; pero aquí no se trata sino de las formas del *ser*, del mundo externo, y el pensamiento no puede jamás obtener e inferir esas formas de sí mismo, sino sólo del mundo externo. Con lo que se invierte enteramente la situación: los principios no son el punto de partida de la investigación, sino su resultado final, y no se aplican a la naturaleza y a la historia humana, sino que se abstraen de ellas; no son la naturaleza ni el reino del hombre los que se rigen según los principios, sino que éstos son correctos en la medida en que concuerdan con la naturaleza y con la historia"[54].

---

52. Feynman, *op. cit*., capítulo 1, p. 2.

53. Kant, *Prolegomena za emer jeden künftigen Metaphysik*, citado en E. V. Iyenkov, *Dialectical Logic*, p. 90.

54. Engels, *Anti-Dühring*, p. 36.

LOS LÍMITES DE LA LEY DE LA IDENTIDAD

Es sorprendente que las leyes básicas de la lógica formal, elaboradas por Aristóteles, se hayan mantenido esencialmente inmutables durante más de dos mil años. En ese período hemos presenciado un proceso continuo de cambio en todas las esferas de la ciencia, la tecnología y el pensamiento. Y, sin embargo, los científicos se han contentado con utilizar básicamente las mismas herramientas metodológicas que utilizaban los escolásticos medievales en los días en que la ciencia estaba todavía al nivel de la alquimia.

Dado el papel central de la lógica formal en el pensamiento occidental, sorprende la poca atención prestada a su contenido real, significado e historia. Normalmente se toma como algo dado, evidente por sí mismo y eternamente inmutable; o se presenta como una útil convención sobre la que la gente razonable se pone de acuerdo para facilitar el pensamiento y el discurso, un poco como cuando la gente de círculos sociales educados se pone de acuerdo sobre las buenas maneras en la mesa. Se plantea la idea de que las leyes de la lógica formal son construcciones totalmente artificiales, construidas por los lógicos, en la creencia de que alguna aplicación tendrán, que revelarán alguna que otra verdad en algún campo del pensamiento. Pero, ¿por qué las leyes de la lógica han de guardar relación con algo si sólo son construcciones abstractas, arbitrariedades imaginarias de la mente?

Sobre esto ironiza Trotsky: "Decir que las personas han llegado a un acuerdo sobre el silogismo es casi como decir, o más exactamente es lo mismo, que la gente llegó al acuerdo de tener fosas en las narices. El silogismo es un producto objetivo del desarrollo orgánico, es decir, del desarrollo biológico, antropológico y social de la humanidad, igual que lo son nuestros diversos órganos, entre ellos nuestro órgano del olfato".

En realidad, la lógica formal se deriva en última instancia de la experiencia, de la misma manera que cualquier otra forma de pensamiento. A partir de la experiencia, los seres humanos sacan una serie de conclusiones que aplican a su vida cotidiana. Esto es aplicable incluso a los animales, aunque a otro nivel: "El pollo sabe que el grano es en general útil, necesario y sabroso. Reconoce un grano determinado —el de trigo— con el que está familiarizado, y de allí extrae una conclusión lógica por medio de su pico. El silogismo de Aristóteles es sólo una expresión articulada de estas conclusiones mentales elementales que observamos a cada paso entre los animales"[55].

Trotsky dijo en una ocasión que la relación entre la lógica formal y la dialéctica era similar a la relación entre las matemáticas elementales y superiores. Las unas no niegan a las otras y siguen siendo válidas dentro de unos determinados límites. De manera parecida, las leyes de Newton, que dominaron la ciencia durante cien años, demostraron ser falsas en el mundo de las partículas subatómi-

55. Trotsky, *Escritos 1939-40*, vol. 2, pp. 535-36.

cas. Más correctamente, la mecánica clásica, criticada por Engels, demostró ser unilateral y de aplicación limitada.

"La dialéctica", escribe Trotsky, "no es ficción ni misticismo, sino la ciencia de las formas de nuestro pensamiento, *en la medida en que éste no se limita a los problemas cotidianos de la vida y trata de llegar a una comprensión de procesos más amplios y complicados*"[56].

El método más común de la lógica formal es la deducción, que intenta establecer la verdad de sus conclusiones a través de dos condiciones: la conclusión tiene que emanar de las premisas y las premisas tienen que ser ciertas. Si se cumplen las dos, se dice que el argumento es válido. Todo esto es muy reconfortante. Nos encontramos en el reino familiar y seguro del sentido común: *verdadero o falso, sí o no*. Tenemos los pies firmemente en el suelo. Parece que estamos en posesión de "la verdad, toda la verdad y nada más que la verdad". No hay nada más que decir. ¿O sí?

Estrictamente hablando, desde el punto de vista de la lógica formal, es indiferente si las premisas son ciertas o no. En la medida en que la conclusión se extraiga correctamente de sus premisas, se dice que la inferencia es *deductivamente válida*. Lo importante es distinguir entre inferencias válidas y no válidas. Así, desde el punto de vista de la lógica formal, la siguiente afirmación es deductivamente válida: "Todos los científicos tienen dos cabezas. Einstein era un científico. Por lo tanto, Einstein tenía dos cabezas". La validez de la inferencia no depende del sujeto en lo más mínimo. De esta manera la forma se eleva por encima del contenido.

En la práctica, por supuesto, cualquier método de razonamiento que no demostrase la validez de sus premisas sería peor que inútil. Se tiene que demostrar que las premisas son ciertas. Pero esto nos lleva a una contradicción. El proceso de validación de un juego de premisas nos plantea automáticamente un nuevo juego de preguntas que a su vez hay que validar. Como planteó Hegel, cada premisa da lugar a un nuevo silogismo, y así hasta el infinito. Lo que parecía ser muy simple resulta ser extremadamente complejo y contradictorio.

La mayor contradicción reside en la propia premisa fundamental de la lógica formal. Al tiempo que exige que todas las demás cosas bajo el Sol se justifiquen ante la Corte Suprema del Silogismo, la lógica se ve totalmente confundida cuando se le pide que justifique sus propios presupuestos. De repente pierde todas sus facultades críticas y recurre a apelar a la creencia, al sentido común, a lo "obvio" o a la cláusula de escapatoria filosófica final: *a priori*. El hecho es que los llamados *axiomas* de la lógica son reglas no demostradas. Se toman como punto de partida para deducir más reglas (*teoremas*), exactamente igual que en la geometría clásica, en la que se parte de los principios de Euclides. Se asume que son correctos sin ningún tipo de demostración, es decir, *simplemente tenemos que hacer un acto de fe*.

---

56. Trotsky, *En defensa del marxismo*, p. 55. El subrayado es nuestro.

Pero, ¿y si resultase que los axiomas básicos de la lógica formal fueran falsos? Entonces estaríamos en la misma posición que cuando le dábamos al pobre Einstein una cabeza adicional. ¿Es posible que sean defectuosas las leyes eternas de la lógica? Examinémoslo más de cerca. Las leyes básicas de la lógica formal son:

1) Ley de la identidad ("A" = "A")
2) Ley de la contradicción ("A" no es igual a "no A")
3) Ley del medio excluido ("A" no es igual a "B")

A primera vista parecen eminentemente sensatas. ¿Cómo se pueden poner en duda? Pero si las vemos más de cerca podemos observar que están llenas de problemas y contradicciones de carácter filosófico. En *Ciencia de la Lógica*, Hegel plantea un análisis exhaustivo de la ley de la identidad, demostrando que es unilateral y, por tanto, incorrecta.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que esa apariencia de una cadena de razonamiento en la que necesariamente un paso sigue al otro es totalmente ilusoria. La ley de la contradicción simplemente plantea la ley de la identidad de manera negativa. Y lo mismo se puede decir de la ley del medio excluido. Todo lo que tenemos aquí es una repetición de la primera ley de diferentes maneras. Todo se sustenta sobre la ley de la identidad (A = A). A primera vista es incontrovertible y, por lo tanto, fuente de todo pensamiento racional. Es la vaca sagrada de la lógica y no se puede poner en duda. Y sin embargo se puso en duda, y por una de las mentes más grandes de todos los tiempos.

El traje nuevo del emperador es un cuento de Hans Christian Andersen en el que un embaucador le vende a un emperador bastante tonto un traje nuevo que supuestamente es muy bonito pero invisible. El crédulo emperador se pasea con su traje nuevo, del que todos dicen que es magnífico, hasta que un niño dice que el emperador va totalmente desnudo. Hegel prestó un servicio similar a la filosofía con su crítica a la lógica formal. Los defensores de ésta jamás se lo perdonarán.

La llamada ley de la identidad es en realidad una tautología. Paradójicamente, en la lógica tradicional esto siempre se consideraba como uno de los errores más evidentes que se podía cometer al definir un concepto. Es una definición que no se sostiene lógicamente, que simplemente repite en otras palabras lo que ya está en la parte que hay que definir. Vamos a poner un ejemplo. Un maestro le pregunta al alumno qué es un gato, y el alumno le responde orgullosamente que un gato es... un gato. Esta respuesta no se consideraría muy inteligente y el alumno sería enviado inmediatamente al fondo de la clase. Después de todo, se supone que una definición tiene que decir algo, y ésa no dice nada de nada. Sin embargo, esa poco brillante definición escolar de un cuadrúpedo felino expresa perfectamente en todo su esplendor la ley de la identidad, considerada durante más de veinte siglos por los profesores más sobresalientes como la verdad filosófica más profunda.

Todo lo que la ley de la identidad nos dice sobre algo es que es. No avanzamos un solo paso más allá. Nos quedamos en el nivel de la abstracción general y vacía. No aprendemos nada de la realidad concreta del objeto a estudiar, sus propiedades, sus relaciones. Un gato es un gato, yo soy yo, tú eres tú, la naturaleza humana es la naturaleza humana, las cosas son como son. Es evidente que estas afirmaciones son totalmente vacuas. Son la expresión consumada del pensamiento formal, unilateral y dogmático.

Entonces, ¿la ley de la identidad no es válida? No del todo. Tiene sus aplicaciones, pero de un alcance mucho más limitado de lo que se podría pensar. Las leyes de la lógica formal pueden ser útiles para clarificar, analizar, etiquetar, catalogar, definir ciertos conceptos. Son válidas para los fenómenos normales y simples de cada día. Pero cuando tratamos con fenómenos más complejos, que implican movimiento, saltos bruscos, cambios cualitativos, se vuelven totalmente inadecuadas. El siguiente extracto de Trotsky resume brillantemente la línea argumental de Hegel sobre la ley de la identidad:

"Trataré aquí de esbozar lo esencial del problema en forma muy concisa. La lógica aristotélica del silogismo simple parte de la premisa de que 'A es igual a A'. Este postulado se acepta como axioma para una cantidad de acciones humanas prácticas y de generalizaciones elementales. Pero en realidad 'A no es igual a A'. Esto es fácil de demostrar si observamos estas dos letras bajo una lente: son completamente diferentes. Pero, se podrá objetar, no se trata del tamaño o de la forma de las letras, dado que ellas son solamente símbolos de cantidades iguales, por ejemplo de una libra de azúcar. La objeción no es valedera; en realidad, una libra de azúcar nunca es igual a una libra de azúcar: una balanza de precisión descubriría siempre la diferencia. Nuevamente se podría objetar: sin embargo una libra de azúcar es igual a sí misma. Tampoco esto es verdad: todos los cuerpos cambian constantemente de peso, color, etc. Nunca son iguales a sí mismos. Un sofista contestará que una libra de azúcar es igual a sí misma 'en un momento dado'. Fuera del valor práctico extremadamente dudoso de este 'axioma', tampoco soporta una crítica teórica. ¿Cómo concebimos realmente la palabra 'momento'? Si se trata de un intervalo infinitesimal de tiempo, entonces una libra de azúcar está sometida durante el transcurso de ese 'momento' a cambios inevitables. ¿O ese 'momento' es una abstracción puramente matemática, es decir, un tiempo cero? Pero todo existe en el tiempo y la existencia misma es un proceso ininterrumpido de transformación; el tiempo es, en consecuencia, un elemento fundamental de la existencia. De este modo, el axioma 'A es igual a A' significa que una cosa es igual a sí misma si no cambia, es decir, si no existe.

"A primera vista, podría parecer que estas 'sutilezas' son inútiles. En realidad, tienen decisiva importancia. El axioma 'A es igual a A' es a un mismo tiempo punto de partida de todos nuestros conocimientos y punto de partida de todos los errores de nuestro conocimiento. Sólo dentro de ciertos límites se lo puede utilizar con uniformidad. Si los cambios cuantitativos que se producen en A carecen

de importancia para la cuestión que tenemos entre manos, entonces podemos presumir que 'A es igual a A'. Este es, por ejemplo, el modo con que vendedor y comprador consideran una libra de azúcar. De la misma manera consideramos la temperatura del Sol. Hasta hace poco considerábamos de la misma manera el valor adquisitivo del dólar. Pero cuando los cambios cuantitativos sobrepasan ciertos límites se convierten en cambios cualitativos. Una libra de azúcar sometida a la acción del agua o del queroseno deja de ser una libra de azúcar. Un dólar en manos de un presidente deja de ser un dólar. Determinar en el momento preciso el punto crítico en el que la cantidad se trasforma en calidad, es una de las tareas más difíciles o importantes en todas las esferas del conocimiento, incluida la sociología (...).

"Con respecto al pensamiento vulgar, el pensamiento dialéctico está en la misma relación que una película cinematográfica con una fotografía inmóvil. La película no invalida la fotografía inmóvil, sino que combina una serie de ellas de acuerdo a las leyes del movimiento. La dialéctica no niega el silogismo, sino que nos enseña a combinar los silogismos en forma tal que nos lleve a una comprensión más certera de la realidad eternamente cambiante. Hegel, en su *Lógica*, estableció una serie de leyes: cambio de cantidad en calidad, desarrollo a través de las contradicciones, conflictos entre el contenido y la forma, interrupción de la continuidad, cambio de posibilidad en inevitabilidad, etc., que son tan importantes para el pensamiento teórico como el silogismo simple para las tareas más elementales"[57].

Lo mismo sucede con la ley del medio excluido, que plantea que es necesario afirmar o negar, que una cosa tiene que ser blanca o negra, que tiene que estar viva o muerta, que tiene que ser A o B. No puede ser dos cosas al mismo tiempo. En la vida cotidiana podemos darla por buena. De hecho, sin esta afirmación, el pensamiento claro y consistente sería imposible. Sin embargo, lo que parecen errores insignificantes en la teoría, más pronto o más tarde se manifestarán en la práctica, a menudo con resultados desastrosos. De la misma manera, una grieta del tamaño de un pelo en el ala de un avión puede parecer insignificante y, de hecho, a pequeñas velocidades puede pasar inadvertida. Pero a grandes velocidades, ese pequeño defecto puede provocar una catástrofe. En el *Anti-Dühring*, Engels explica las deficiencias de la llamada ley del medio excluido:

"Para el metafísico, las cosas y sus imágenes mentales, los conceptos, son objetos de investigación dados de una vez para siempre, aislados, uno tras otro y sin necesidad de contemplar el otro, firmes, fijos y rígidos. El metafísico piensa según rudas contraposiciones sin mediación: su lenguaje es 'sí, sí' y 'no, no', que todo lo que pasa de eso del mal espíritu procede. Para él, toda cosa existe o no existe: una cosa no puede ser al mismo tiempo ella misma y algo diverso. Lo positivo y lo negativo se excluyen lo uno a lo otro de un modo absoluto; la causa

57. *Ibíd*., pp. 25-28.

y el efecto se encuentran del mismo modo en rígida contraposición. Este modo de pensar nos resulta a primera vista muy plausible porque es el del llamado sano sentido común. Pero el sano sentido común, por apreciable compañero que sea en el doméstico dominio de sus cuatro paredes, experimenta asombrosas aventuras en cuanto se arriesga por el ancho mundo de la investigación, y el modo metafísico de pensar, aunque también está justificado y es hasta necesario en esos anchos territorios, de diversa extensión según la naturaleza de la cosa, tropieza sin embargo siempre, antes o después, con una barrera más allá de la cual se hace unilateral, limitado, abstracto, y se pierde en irresolubles contradicciones, porque atendiendo a las cosas pierde su conexión, atendiendo a su ser pierde su devenir y su perecer, atendiendo a su reposo se olvida de su movimiento: porque los árboles no le dejan ver el bosque. Para casos cotidianos sabemos, por ejemplo, y podemos decir con seguridad si un animal existe o no existe; pero si llevamos a cabo una investigación más detallada, nos damos cuenta de que un asunto así es a veces sumamente complicado, como saben muy bien, por ejemplo, los juristas que en vano se han devanado los sesos por descubrir un límite racional a partir del cual la muerte dada al niño en el seno materno sea homicidio; no menos imposible es precisar el momento de la muerte, pues la fisiología enseña que la muerte no es un acaecimiento instantáneo y dado de una vez, sino un proceso de mucha duración.

"Del mismo modo es todo ser orgánico en cada momento el mismo y no lo es; en cada momento está elaborando sustancia tomada de fuera y eliminando otra; en todo momento mueren células de su cuerpo y se forman otras nuevas; tras un tiempo más o menos largo, la materia de ese cuerpo se ha quedado completamente renovada, sustituida por otros átomos de materia, de modo que todo ser organizado es al mismo tiempo él mismo y otro diverso"[58].

La relación entre la dialéctica y la lógica formal se puede comparar con la relación entre las mecánicas cuántica y clásica. No se contradicen, sino que se complementan. Las leyes de la mecánica clásica siguen siendo válidas para una gran cantidad de operaciones, pero no sirven para el mundo subatómico, con cantidades infinitesimalmente pequeñas y velocidades tremendas. De manera parecida, Einstein no sustituyó a Newton, simplemente puso al descubierto los límites más allá de los cuales no se podía aplicar el sistema newtoniano.

Igualmente, la lógica formal (que ha alcanzado el grado de prejuicio popular en forma de "sentido común") sigue siendo válida para toda una serie de experiencias diarias. Sin embargo, las leyes de la lógica formal, que parten de una visión esencialmente estática de las cosas, inevitablemente dejan de ser válidas cuando se trata de fenómenos cambiantes, más complejos. Utilizando el lenguaje de la teoría del caos, las ecuaciones "lineales" de la lógica formal no pueden aplicarse a los procesos turbulentos que se pueden observar en la naturaleza, la sociedad y la historia. Sólo se les puede aplicar el método dialéctico.

58. Engels, *Anti-Dühring*, p. 22.

LA LÓGICA Y EL MUNDO SUBATÓMICO

Otros filósofos que están muy lejos del punto de vista dialéctico han comprendido las deficiencias de la lógica formal. La ciencia necesita un marco filosófico que le permita valorar sus resultados y que guíe sus pasos a través de la masa confusa de hechos y estadísticas, como el hilo de Ariadna en el Laberinto. Los simples llamamientos al "sentido común" o a los "hechos" no son suficientes.

El pensamiento silogístico, el método deductivo abstracto, pertenece a la tradición francesa, especialmente desde Descartes. La tradición inglesa es totalmente diferente, fuertemente influida por el empirismo y el razonamiento inductivo. Desde Gran Bretaña, esta escuela de pensamiento fue exportada a Estados Unidos, donde echó raíces profundas. Así, el método de pensamiento deductivo formal no era característico de la tradición intelectual anglosajona. "Por el contrario", escribió Trotsky, "es posible decir que este [escuela de] pensamiento se distingue por un desprecio empírico soberano por el silogismo puro, lo que no impidió a los ingleses hacer conquistas colosales en muchas esferas de la investigación científica. Bien pensado, es imposible no llegar a la conclusión de que el desprecio empírico por el silogismo es una forma primitiva de pensamiento dialéctico".

Históricamente, el empirismo ha jugado un papel positivo (la lucha contra la religión y el dogmatismo medieval) y otro negativo (una interpretación demasiado estrecha del materialismo, resistencia a generalizaciones teóricas amplias). La famosa afirmación de Locke de que no hay nada en el intelecto que no se derive de los sentidos contiene el germen de una idea profundamente correcta pero presentada de forma unilateral, que puede tener, y tuvo, las consecuencias más dañinas sobre el desarrollo futuro de la filosofía. Justo antes de su asesinato, Trotsky escribió sobre ello:

"*No sabemos nada del mundo excepto lo que se nos da a través de la experiencia*. Esto es correcto si no se entiende la experiencia en el sentido de testimonio directo de nuestros cinco sentidos individuales. Si reducimos la cuestión a la experiencia en el estrecho sentido empírico, entonces nos es imposible llegar a ningún juicio sobre el origen de las especies o, menos aún, sobre la formación de la corteza terrestre. Decir que la base de todo es la experiencia significa decir mucho o no decir absolutamente nada. La experiencia es la interrelación activa entre el sujeto y el objeto. Analizarla fuera de esta categoría, es decir, fuera del medio material objetivo del investigador, que se le contrapone y que desde otro punto de vista es parte de este medio, significa disolver la experiencia en una unidad informe donde no hay ni objeto ni sujeto, sino sólo la mística fórmula de la experiencia. Un 'experimento' o 'experiencia' de este tipo es propio sólo de un bebé en el útero de su madre, pero desgraciadamente ese bebé no tiene la oportunidad de compartir las conclusiones científicas de su experimento"[59].

59. Trotsky, *Escritos 1939-40*, vol. 2, pp. 536-37 y 539.

El principio de incertidumbre de la mecánica cuántica no se puede aplicar a los objetos ordinarios, sólo a los átomos y partículas subatómicas. Las partículas subatómicas se rigen por leyes diferentes a las del mundo "ordinario". Se mueven a velocidades increíbles, 1.500 metros por segundo, por ejemplo. Se pueden desplazar en diferentes direcciones al mismo tiempo. En estas condiciones, las formas de pensamiento que se aplican a la experiencia diaria dejan de ser válidas. La lógica formal es inútil. Sus categorías (blanco o negro, sí o no, lo tomas o lo dejas) no tienen ningún punto de contacto con esta realidad fluida, inestable y contradictoria. Todo lo que podemos decir es que éste y ése movimiento son probables, con un número infinito de posibilidades. Lejos de seguir las premisas de la lógica formal, la mecánica cuántica viola la ley de la identidad afirmando la "no individualidad" de las partículas. La ley de la identidad no se puede aplicar a este nivel porque no se puede fijar la "identidad" de las partículas individuales. De ahí la larga controversia entre "onda" y "partícula". ¡No podía ser ambas cosas! Aquí *A* resulta ser *no A* y, de hecho, *A* puede ser *B*. De ahí la imposibilidad de fijar la posición y velocidad de un electrón a la manera absoluta y concreta de la lógica formal. Este es un problema serio para la lógica formal y el "sentido común", pero no para la dialéctica o la mecánica cuántica. Un electrón tiene las cualidades de una onda y de una partícula, y esto se ha demostrado experimentalmente.

En 1932, Heisenberg sugirió que los protones se mantenían unidos por lo que él llamó la *fuerza de intercambio*. Esto implicaba que protones y neutrones estaban *cambiando constantemente de identidad*. Cualquier partícula dada está en un estado constante de flujo, cambiando de protón a neutrón, y viceversa. Sólo de esta manera se mantiene unido el núcleo. Antes de que un protón pueda ser repelido por otro protón, se convierte en un neutrón, y a la inversa. Este proceso en el que las partículas se convierten en su contrario tiene lugar de manera ininterrumpida, de tal manera que es imposible decir en un momento determinado si una partícula es un protón o un neutrón. De hecho es *ambos: es y no es*.

El intercambio de identidades entre electrones no significa un mero cambio de posición. Es un proceso mucho más complejo en el que el electrón *a* interpenetra con el electrón *b* para crear una mezcla de, digamos, 60% de *a* y 40% de *b*, y viceversa. Más tarde pueden haber cambiado completamente de identidad, con todos los *a* allí y todos los *b* aquí. Entonces empezará el flujo a la inversa, en una oscilación permanente que implica un intercambio rítmico de las identidades de los electrones, que continúa indefinidamente. La vieja y rígida ley de la identidad se desvanece en este tipo de *identidad en la diferencia* pulsante, que subyace en toda la existencia y que recibe expresión científica en el principio de exclusión de Pauli.

Así, dos milenios y medio más tarde, el principio de Heráclito de que "todo fluye" resulta ser cierto... literalmente. Aquí tenemos no sólo un estado de cambio y movimiento incesantes, sino también un proceso de interconexión universal y la unidad y lucha de contrarios. No sólo los electrones se condicionan los

unos a los otros, sino que en realidad se convierten los unos en los otros. ¡Qué lejos del universo idealista estático e inmutable de Platón! ¿Cómo se fija la posición de un electrón? Observándolo. ¿Y cómo se determina su momento? Observándolo otra vez. Pero en ese lapso de tiempo, incluso en uno infinitesimalmente pequeño, el electrón ha cambiado y ya no es lo que era. Es otra cosa. Es *a la vez* una partícula (un punto, una "cosa") y una onda (un "proceso", movimiento). *Es y no es*. El viejo método de *blanco o negro* de la lógica formal utilizado por la mecánica clásica no puede dar resultados aquí debido al propio carácter del fenómeno.

En 1963, físicos japoneses plantearon que la partícula extremadamente pequeña llamada neutrino cambiaba de identidad a medida que viajaba por el espacio a velocidades altísimas. En un momento era un *electrón-neutrino*, en otro un *muón-neutrino*, en otro un *tauón-neutrino*, y sucesivamente. Si esto es cierto, la ley de la identidad, que ya ha recibido fuertes golpes, habría recibido su golpe de gracia. Una concepción rígida de este tipo está claramente fuera de lugar cuando se enfrenta a cualquiera de los fenómenos complejos y contradictorios de la naturaleza descritos por la ciencia moderna.

LÓGICA MODERNA

En el siglo XIX se acometieron una serie de intentos de poner al día la lógica (George Boyle, Ernst Schröder, Gottlob Frege, Bertrand Russell y Alfred North Whitehead). Pero aparte de la introducción de símbolos y de una cierta puesta en orden, no hubo un cambio real. Se han hecho afirmaciones grandilocuentes, por ejemplo por parte de los filósofos lingüísticos, pero sin mucho fundamento. La semántica (que estudia la validez de un argumento) se separó de la sintaxis (que estudia la deducibilidad y las conclusiones a partir de los axiomas y premisas). Aunque supuestamente era algo nuevo, en realidad es simplemente un pastiche de la vieja división, bien conocida por los antiguos griegos, entre *lógica* y *retórica*. La lógica moderna se basa en las relaciones lógicas entre conjuntos de enunciados. El centro de atención se ha desplazado desde el silogismo hacia los argumentos hipotéticos y disyuntivos. Esto difícilmente se puede considerar un paso adelante que corte el aliento. Se puede empezar por frases (juicios) en lugar de silogismos. Hegel lo hizo en su *Lógica*. Más que una gran revolución en el pensamiento, es como volver a barajar los naipes.

Utilizando una analogía inexacta con la física, el llamado "método atómico", desarrollado por Russell y Wittgenstein (que más tarde lo repudió), intentaba dividir el lenguaje en "átomos". Se supone que el átomo básico del lenguaje es la frase simple, a partir de la cual se construyen las frases compuestas. Wittgenstein soñaba con desarrollar un "lenguaje formal" para toda ciencia (física, biología, incluso psicología). Las frases se someten a un "test de la verdad" basado en las viejas leyes de la identidad, la contradicción y el medio excluido. En realidad, el

método básico sigue siendo exactamente el mismo. El "valor verdadero" es una cuestión de esto o aquello, sí o no, verdadero o falso. A la nueva lógica se la denomina *cálculo proposicional*. Pero el hecho es que el sistema ni siquiera puede tratar con argumentos que previamente podían ser estudiados por el silogismo más básico (categórico).

Realmente ni siquiera se entiende la frase simple, a pesar de que se supone que es el equivalente lingüístico de los "ladrillos componentes de la materia". Incluso el juicio más simple, como plantea Hegel, contiene una contradicción. "César es un hombre", "Fido es un perro", "el árbol es verde", todos plantean que *lo particular es lo universal*. Frases de este tipo pueden parecer simples, pero en realidad no lo son. Esto es un libro cerrado para la lógica formal, que sigue decidida a prohibir todas las contradicciones no sólo en la naturaleza y la sociedad, sino también en el lenguaje. El cálculo proposicional parte exactamente de los mismos postulados básicos que ya elaboró Aristóteles en el siglo IV a.C., es decir, la ley de la identidad, la ley de la (no) contradicción y la ley del medio excluido, a los que se añade la ley de la doble negación. Estas leyes, en lugar de estar escritas con letras normales, se expresan con símbolos:

a) p = p
b) p = ~p
c) pV = ~p
d) ~(p ~p)

Todo esto es muy bonito pero no es en absoluto diferente al contenido del silogismo. Es más, la propia lógica simbólica no es una idea nueva. Alrededor de 1680, la fértil mente del filósofo alemán Leibniz creó una lógica simbólica, aunque nunca la publicó.

La introducción de símbolos no nos hace avanzar ni un paso, por la simple razón de que, antes o después, se tienen que transformar en palabras y conceptos. Tienen la ventaja de ser una especie de atajo, más conveniente para cierto tipo de operaciones técnicas, ordenadores y demás, pero el contenido sigue siendo el mismo de antes. Todas estas florituras matemáticas aturdidoras se acompañan de una jerga auténticamente bizantina que parece haber sido diseñada deliberadamente para que la lógica sea inaccesible a los mortales de a pie, de la misma manera que la casta sacerdotal en Egipto y Babilonia utilizaba palabras secretas y símbolos ocultos para acaparar todo el conocimiento. La diferencia es que ellos conocían cosas que valía la pena conocer, como los movimientos de los cuerpos celestes, algo que no se puede decir de los lógicos modernos.

Términos como *predicados monádicos, cuantificadores, variables individuales*, etc. están diseñados para dar la impresión de que la lógica formal es una ciencia a la que hay que tener en cuenta, en la medida en que es bastante ininteligible para la mayoría de la gente. Lástima que el valor científico de un conjunto de creencias no sea directamente proporcional a la oscuridad de su lenguaje.

Si así fuera, cualquier místico religioso sería tan gran científico como Newton, Darwin y Einstein juntos.

En la comedia de Molière *EI burgués gentilhombre*, Monsieur Jourdain se sorprende cuando le dicen que ha estado hablando en *prosa* toda la vida sin darse cuenta. La lógica moderna simplemente repite las viejas categorías, pero introduciendo unos cuantos símbolos y términos que suenan bien y sirven para ocultar que no dice en absoluto nada nuevo. Aristóteles ya utilizó *predicados monádicos* (expresiones que atribuyen una propiedad a un individuo) hace mucho tiempo. Sin duda Monsieur Jourdain quedaría encantado de descubrir que había estado utilizando predicados monádicos todo el tiempo sin saberlo, pero no hubiera significado la menor diferencia respecto a lo que estaba haciendo. La utilización de etiquetas nuevas no cambia el contenido de los viejos botes de mermelada. Ni la utilización de una jerga aviva la validez de formas de pensamiento anticuadas.

La triste realidad es que en el siglo XX la lógica formal ha llegado a su límite. Cada avance de la ciencia le asesta un nuevo golpe. A pesar de todos los cambios formales, las leyes básicas siguen siendo las mismas. Una cosa está clara. El desarrollo de la lógica formal en los últimos cien años, primero con el cálculo proposicional, después con el cálculo predicativo inferior, ha llevado el tema a tal punto de refinamiento que ya no es posible seguir avanzando. Hemos llegado al sistema más completo de lógica formal, de tal manera que cualquier nuevo añadido no aportará nada nuevo. La lógica formal ya ha dicho todo lo que tenía que decir. A decir verdad, ya hace bastante tiempo que llegó a este punto.

Recientemente el terreno se ha trasladado de la argumentación a las conclusiones deducidas. ¿Cómo se "deducen los teoremas de la lógica"? Este es un terreno poco firme. La base de la lógica formal siempre se había dado por supuesta en el pasado. Una investigación a fondo de las bases teóricas de la lógica formal inevitablemente llevaría a transformarla en su contrario. Arend Heyting, el fundador de la escuela intuicionista en matemáticas, niega la validez de algunas de las pruebas utilizadas en la matemática clásica. Sin embargo, la mayoría de los lógicos se aferran desesperadamente a las viejas leyes de la lógica formal, como si de un clavo ardiendo se tratase: "No creemos que exista una lógica no aristotélica en el sentido en que existe una geometría no euclidiana", resaltan Cohen y Nagel, "es decir, un sistema de lógica en el que los opuestos de los principios aristotélicos de la contradicción y el medio excluido se asuman como ciertos, y se deduzcan de ellos inferencias válidas"[60].

Hoy en día existen dos ramas principales de la lógica formal: el cálculo proposicional y el cálculo predicativo. Ambas parten de axiomas que se aceptan como válidos "en todos los mundos posibles", en cualquier circunstancia. La prueba fundamental sigue siendo si están libres de contradicción. Se condena cualquier cosa contradictoria como "no válida". Esto tiene ciertas aplicaciones,

60. Cohen y Nagel, *An Introduction to Logic and the Scientific Method*, p. vii.

por ejemplo, en ordenadores que están engranados a un mecanismo de *sí o no*. Sin embargo, en realidad todos estos axiomas son tautologías. Estas formas vacías pueden llenarse con prácticamente cualquier contenido. Se aplican de manera mecánica y externa a cualquier sujeto. Cuando se trata de procesos lineales, funcionan razonablemente bien. Pero cuando se trata de fenómenos más complejos, contradictorios y no lineales, las leyes de la lógica formal se rompen. Inmediatamente se hace evidente que lejos de ser verdades universales, válidas "en todos los mundos posibles", son, como Engels explicó, de aplicación bastante limitada, y rápidamente se encuentran fuera de su elemento en toda una serie de circunstancias. Es más, precisamente estas circunstancias son las que han ocupado la atención de la ciencia, especialmente de sus sectores más innovadores, durante la mayor parte del siglo XX.

SEGUNDA PARTE:
TIEMPO, ESPACIO Y MOVIMIENTO

5. Revolución en la física

Hace dos mil años se creía que la geometría euclidiana cubría todas las leyes del universo. No había nada más que añadir. Esta es la ilusión de todos y cada uno de los diferentes períodos. Durante bastante tiempo tras la muerte de Newton, los científicos pensaron que la última palabra sobre las leyes de la naturaleza ya estaba dicha. Laplace se lamentó de que hubiese un solo universo y que Newton hubiese tenido la suerte de descubrir todas sus leyes. Durante doscientos años, la teoría newtoniana de la naturaleza corpuscular de la luz fue mayoritariamente aceptada frente a la teoría de su naturaleza ondulatoria, del físico holandés Christiaan Huygens. Posteriormente, la teoría corpuscular fue rebatida por el francés A. J. Fresnel, cuya teoría ondulatoria confirmó experimentalmente L. Foucault. Newton había predicho que la luz, que viaja a 300.000 kilómetros por segundo en el vacío, debería viajar más rápidamente en el agua. Los defensores de la teoría ondulatoria predijeron que viajaría más lentamente, y se demostró que estaban en lo cierto.

El avance decisivo de la teoría ondulatoria lo dio el científico escocés James Clerk Maxwell en la segunda mitad del siglo XIX. Maxwell, basándose en primer lugar en el trabajo experimental de Michael Faraday, el descubridor de la inducción electromagnética, investigó las propiedades de los imanes, cuyos polos norte y sur estaban vinculados a fuerzas invisibles que los ligaban a los polos terrestres. Maxwell universalizó estos descubrimientos empíricos, trasladándolos al terreno matemático. Su trabajo llevó al descubrimiento del *campo*, en el que más tarde Einstein basó su teoría general de la relatividad. De esta manera, una generación se apoya en los trabajos de la anterior, negando y preservando a la vez los descubrimientos anteriores, profundizándolos continuamente y generalizándolos en forma y contenido.

Maxwell había predicho las ondas electromagnéticas. Siete años después de su muerte, Hertz las detectó por primera vez. La teoría corpuscular, dominante desde los tiempos de Newton, parecía haber sido aniquilada por el electromagnetismo de Maxwell. Una vez más, los científicos se creían en posesión de una teoría que podía explicarlo todo. Sólo había que responder a algunas preguntas y conocería-

mos todo lo que había que conocer sobre el funcionamiento del universo. Por supuesto que había algunas discrepancias que parecían problemáticas, pero aparentaban ser solamente pequeños detalles que podían ser ignorados. Sin embargo, en unas pocas décadas, esas discrepancias "menores" fueron suficientes para derribar todo el edificio y provocar una auténtica revolución científica.

¿ONDAS O PARTÍCULAS?

Todo el mundo sabe lo que es una onda, un fenómeno común asociado al agua. Igual que un pato origina ondas al nadar en un estanque, una partícula con carga, por ejemplo un electrón, puede originar una *onda electromagnética* al moverse por el espacio. El movimiento acelerado de un electrón perturba los campos eléctrico y magnético, provocando ondas que se expanden continuamente, como las ondulaciones en el estanque. Por supuesto, la analogía es sólo aproximada. Hay una diferencia fundamental entre la onda acuática y la onda electromagnética. Esta última no requiere un medio continuo en el que viajar, como el agua. Una oscilación electromagnética es una perturbación periódica que se propaga a través de la estructura eléctrica de la materia. Sin embargo, la comparación puede ayudarnos a clarificar la idea.

Que no podamos ver estas ondas no quiere decir que no se pueda detectar su presencia, incluso en la vida cotidiana. Tenemos experiencias directas de ondas de luz, de ondas de radio e incluso de rayos X. La única diferencia entre ellas es su frecuencia. Sabemos que una onda en el agua hará subir y bajar un objeto flotante más o menos rápidamente dependiendo de la intensidad de la onda —las ondulaciones provocadas por el pato o las que puede provocar un fuera borda—. De igual manera, la amplitud de las oscilaciones de los electrones será proporcional a la intensidad de la onda de luz.

Las ecuaciones de Maxwell, respaldadas por los experimentos de Hertz y otros, proporcionaron bastantes evidencias de que la luz estaba formada por ondas de carácter electromagnético. Sin embargo, a principios de siglo se estaban recogiendo suficientes pruebas que demostraban que esta teoría era errónea. En 1900, Max Planck demostró que la teoría clásica de las ondas hacía predicciones que no se demostraban en la práctica y planteó la teoría de que la luz se componía de partículas discontinuas o *cuantos* (del latín *quantum*, "paquete"). Que los experimentos demostrasen cosas diferentes complicaba la situación. Se podía probar que un electrón era una partícula haciéndolo chocar contra una pantalla fluorescente y observando los centelleos resultantes, o por los trazos que dejaba en una cámara de niebla, o por la pequeña mancha que aparecía en una placa fotográfica revelada. Por otra parte, si se dejaban fluir electrones desde una sola fuente a través de una pantalla con dos agujeros de entrada, el patrón de interferencia indicaba la presencia de una onda.

Pero el resultado más peculiar de todos se obtuvo en el famoso experimento de las dos ranuras, en el que se dispara un solo electrón contra una pantalla que

tiene dos ranuras, detrás de la cual hay una placa fotográfica. ¿A través de qué ranura ha pasado el electrón? El patrón de interferencia producido en la placa demuestra que el electrón pasó por *ambas*. Esto va en contra de todas las leyes del sentido común, pero es absolutamente irrefutable. El electrón se comporta como partícula y como onda. ¡Está en dos sitios (o más de dos) al mismo tiempo y tiene diferentes estados de movimiento a la vez!

"No vayamos a imaginarnos", escribe Banesh Hoffmann, "que los científicos aceptaron estas nuevas ideas con gritos de alegría. Las combatieron y resistieron tanto como les fue posible, inventando todo tipo de trampas e hipótesis alternativas en un vano intento de evitarlas. Pero las paradojas evidentes estaban allí, ya desde 1905 en el caso de la luz, e incluso anteriormente, y nadie tuvo el valor o el ingenio para resolverlas hasta la llegada de la nueva mecánica cuántica. Las nuevas ideas son tan difíciles de aceptar porque instintivamente todavía nos esforzamos en representarlas en términos de las partículas pasadas de moda, a pesar del principio de incertidumbre de Heisenberg. Todavía no nos atrevemos a contemplar un electrón como algo que, teniendo movimiento, podría no tener posición, y teniendo posición, podría no tener algo parecido a movimiento o descanso"[61].

Aquí vemos un ejemplo de la negación de la negación. A primera vista parece que hemos cerrado completamente el círculo. La teoría corpuscular newtoniana fue negada por la teoría ondular de Maxwell, que a su vez fue negada por la nueva teoría corpuscular planteada por Planck y Einstein. Pero esto no significa una vuelta a la vieja teoría newtoniana, sino un salto adelante cualitativo que implica una auténtica revolución científica. Se tuvo que revisar toda la ciencia, incluida la ley de la gravitación universal de Newton.

Esta revolución no invalidó las ecuaciones de Maxwell, que siguen siendo válidas para gran cantidad de operaciones. Simplemente demostró que, más allá de ciertos límites, las ideas de la física clásica ya no se aplican. En particular, la mecánica clásica no puede explicar los fenómenos del mundo subatómico, donde entran en juego la mecánica cuántica y la relatividad. Estas dos teorías, inicialmente rechazadas por una comunidad científica que se aferraba tenazmente a las viejas ideas, dominaron la física durante la mayor parte de este siglo. Esto encierra una lección importante: cualquier intento de imponer una "solución final" a nuestra visión del universo está condenado al fracaso.

MECÁNICA CUÁNTICA

El desarrollo de la física cuántica representó un paso adelante de gigante en la ciencia, una ruptura decisiva con el viejo determinismo mecanicista osificado de la física clásica (el viejo método "metafísico", como lo hubiera llamado Engels).

61. B. Hoffmann, *The Strange Story of the Quanto*, p. 147.

En lugar de eso tenemos una visión mucho más flexible y dinámica (en una palabra, dialéctica) de la naturaleza. El descubrimiento de la existencia del cuanto por Max Planck, que al principio parecía ser un pequeño detalle, casi una anécdota, transformó la física. Era una nueva ciencia que podía explicar el fenómeno de la transformación radiactiva y analizar detalladamente los complejos datos suministrados por el espectroscopio. Llevó al establecimiento de la química teórica, capaz de resolver problemas antes irresolubles. Una vez asumido el nuevo enfoque, toda una serie de dificultades teóricas desaparecieron. La nueva física reveló las sorprendentes fuerzas que encierra el núcleo atómico. Esto llevó directamente a la explotación de la energía nuclear, el camino para la destrucción potencial de la vida en la Tierra o hacia la abundancia y el progreso social ilimitado gracias a la utilización pacífica de la fusión nuclear. La teoría de la relatividad de Einstein explica que masa y energía son equivalentes. Si la masa de un objeto se multiplica por el cuadrado de la velocidad de la luz, obtenemos su energía en reposo.

Einstein demostró que la luz, que hasta entonces se creía que era una onda, se comportaba como una partícula. En otras palabras, la luz es sólo otra forma de la materia. Esto se vio en 1919, cuando se demostró que la luz se curva bajo el efecto de la fuerza de la gravedad. Más adelante, De Broglie planteó que la luz, que se creía formada por partículas, participa de la naturaleza de las ondas. Se abolió para siempre la división entre materia y energía. Materia y energía son lo mismo. Un avance muy importante para la ciencia. Engels describió la energía ("movimiento") como "el modo de existencia, atributo inherente a la materia"[62].

La discusión central de la física de partículas durante años (si las partículas subatómicas, como los fotones o los electrones, eran partículas u ondas) fue finalmente resuelta por la mecánica cuántica, que plantea que las partículas subatómicas pueden comportarse, y se comportan, como partículas y como ondas. Al igual que una onda, la luz produce interferencias, pero un fotón de luz también rebota contra un electrón, igual que una partícula. Esto va en contra de las leyes de la lógica formal. ¿Cómo puede el "sentido común" aceptar que un electrón pueda estar en dos sitios al mismo tiempo? ¿O incluso que se mueva, a velocidades increíbles, simultáneamente en diferentes direcciones? Se veía como una contradicción intolerable que la luz se comportase a la vez como partícula y como onda. Los intentos de explicar los fenómenos contradictorios del mundo subatómico en términos de la lógica formal nos llevan al abandono de todo pensamiento racional. En su conclusión a un trabajo sobre la revolución cuántica, Banesh Hoffmann es capaz de escribir:

"¿Cuánto tenemos que maravillarnos de los milagrosos poderes de Dios, que creó el cielo y la tierra de una esencia primaria de tan exquisita sutileza que con ella pudo moldear cerebros y mentes ardiendo con el regalo divino de la clarivi-

62. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 63.

dencia, para penetrar sus misterios? Si la mente de un Bohr o un Einstein nos asombra con su poder, ¿cómo podríamos empezar a ensalzar la gloria de Dios, que la creó?"[63].

Desgraciadamente no es un caso aislado. Toda la literatura científica moderna, incluida gran parte de lo que escriben los propios científicos, está impregnada de ese tipo de nociones místicas, religiosas o cuasi religiosas. Este es el resultado directo de la filosofía idealista, que la gran mayoría de los científicos ha adoptado consciente o inconscientemente.

Las leyes de la mecánica cuántica chocan de frente con el "sentido común" (es decir, la lógica formal), pero están en total acuerdo con el materialismo dialéctico. Tomemos por ejemplo el concepto de *punto*. Toda la geometría tradicional parte de un punto, que se convierte en una línea, un plano, un cubo, etc. Pero una observación más detallada revela que tal punto no existe.

El punto se concibe como la mínima expresión de espacio, algo que no tiene dimensión. En realidad tal punto está formado por átomos —electrones, núcleo, fotones e incluso partículas más pequeñas—. En última instancia, desaparece en un reflejo incesante de ondas cuánticas arremolinadas. Y este proceso no tiene fin. No hay ningún "punto" fijo. Esta es la última respuesta a los idealistas, que intentan encontrar las "formas" perfectas que supuestamente residen "más allá" de la realidad observable. La única "última realidad" es el universo infinito, eterno y siempre cambiante, que es, de lejos, mucho más maravilloso en su variedad infinita de formas y procesos que la más fabulosa aventura de ciencia-ficción. En lugar de una localización fija, un *punto*, tenemos un proceso, un flujo sin fin. Todo intento de imponerle límites, ya sea un principio o un final, fracasará inevitablemente.

¿DESAPARICIÓN DE LA MATERIA?

Mucho antes del descubrimiento de la relatividad, la ciencia había descubierto dos principios fundamentales: la conservación de la energía y la conservación de la masa. El primero lo formuló Leibniz en el siglo XVII y fue desarrollado en el XIX como consecuencia natural de un principio de la mecánica. Mucho antes de eso, el hombre primitivo había descubierto en la práctica el principio de equivalencia de trabajo y calor, al hacer fuego mediante fricción, transformando una determinada cantidad de energía (trabajo) en calor. A principios de siglo se descubrió que la masa no era más que una de las formas de la energía. La energía debida a la masa y la energía del movimiento son las dos formas fundamentales de la energía en el nivel de las partículas elementales. Una partícula de materia no es más que energía muy concentrada y localizada. La cantidad de energía concentrada en una partícula es proporcional a su masa, y la cantidad total de energía

63. B. Hoffmann, *op. cit*., pp. 194-95.

se mantiene siempre igual. La pérdida de un tipo de energía se compensa con la ganancia de otro. Aunque cambia constantemente de forma, la energía sigue siendo siempre la misma.

La revolución de Einstein fue demostrar que la masa contiene en sí misma una enorme cantidad de energía. La equivalencia de masa y energía se expresa en la formula $E = mc^2$, en la que E es la energía contenida en un cuerpo en reposo, m es su masa y c representa la velocidad de la luz (300.000 kilómetros por segundo). O sea, la cantidad de energía por unidad de masa es ingente. Normalmente esa enorme cantidad de energía está encerrada en la materia y no se manifiesta, por lo que pasa desapercibida. Pero si los procesos en el núcleo alcanzan un punto crítico, parte de ella se libera en forma de energía cinética.

Dado que la masa es sólo una de las formas de la energía, ni la materia ni la energía se pueden crear ni destruir. Las formas de la energía, por otra parte, son extremadamente diversas. Por ejemplo, cuando los protones del Sol se unen para formar núcleos de helio, se libera energía nuclear. Ésta aparece, en primer lugar, como energía cinética del movimiento de los núcleos, que contribuyen a generar la energía calórica del Sol. Parte de esta energía es emitida por el Sol en forma de fotones, que contienen partículas de energía electromagnética, que a su vez se transforma mediante la fotosíntesis en energía química almacenada en las plantas, que a su vez es adquirida por el hombre al comerse las plantas o los animales que de ellas se alimentan, para proporcionar calor y energía a los músculos, la circulación sanguínea, el cerebro, etc.

En general, las leyes de la física clásica no se pueden aplicar a los procesos del nivel subatómico. Sin embargo, hay una ley que no tiene excepciones en la naturaleza: la ley de la conservación de la energía. Los físicos saben que no se puede crear una carga, ni positiva ni negativa, partiendo de la nada. Este hecho se expresa en la ley de la conservación de la carga eléctrica. Así, en el proceso de producción de una partícula beta (cada uno de los electrones emitidos en la radiación beta), la desaparición del neutrón (que no tiene carga) da lugar a un par de partículas con cargas opuestas, un protón con carga positiva y un electrón con carga negativa. Tomadas a la vez, las dos nuevas partículas tienen una carga eléctrica neutra.

Si tomamos el proceso opuesto, cuando un protón emite un positrón y se convierte en un neutrón, la carga de la partícula original (el protón) es positiva, y el par de partículas resultantes (el neutrón y el positrón), tomadas conjuntamente, tienen carga positiva. En toda esta serie de cambios, la ley de la conservación de la carga eléctrica se cumple estrictamente, al igual que las demás leyes de la conservación. No es posible crear ni destruir la energía, ni siquiera en proporciones infinitesimales.

Cuando un electrón y su antipartícula, el positrón, se destruyen mutuamente, su masa "desaparece", es decir, se transforma en dos partículas de luz que se separan. Estos fotones tienen en total la misma energía que las partículas de las que han surgido. La masa-energía, el momento lineal y la carga eléctrica se

mantienen. Este fenómeno no tiene nada en común con la desaparición en el sentido de aniquilación. Dialécticamente, el electrón y el positrón son negados y conservados al mismo tiempo. La materia —o la energía, que simplemente es otra manera de nombrar la misma cosa— no se crea ni se destruye, solamente se transforma.

Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, la materia es la realidad objetiva que nos llega en forma de percepción sensorial. Esto no sólo incluye los objetos "sólidos", sino también la luz. Los fotones son tan materiales como los electrones o los positrones. De hecho, la masa se convierte constantemente en energía y la energía, en masa. La "aniquilación" de un positrón y un electrón produce un par de fotones, pero también podemos ver el proceso contrario: cuando dos fotones se encuentran, si tienen la energía suficiente pueden producir un electrón y un positrón. A veces se presenta este proceso como la creación de la materia de la "nada". Pero no lo es en absoluto. Lo que tenemos aquí no es la creación ni la destrucción de nada, sino la transformación continua de la materia en energía, y *viceversa*. Cuando un fotón bombardea un átomo, deja de existir como fotón. Se desvanece, pero provoca un cambio en el átomo (un electrón salta de una órbita a otra de mayor energía). También en este caso existe el proceso contrario. Cuando un electrón salta de una órbita a otra de menor energía, se libera un fotón.

El proceso de cambio constante que caracteriza al mundo subatómico es una brillante confirmación de que la dialéctica no es simplemente una invención subjetiva de la mente, sino que se corresponde con los procesos objetivos de la naturaleza. Ese proceso de cambio ha existido ininterrumpidamente por toda la eternidad. Es una demostración concreta de la indestructibilidad de la materia, precisamente lo contrario de lo que se suponía que demostraba.

¿"LADRILLOS DE LA MATERIA"?

Durante siglos los científicos han intentado en vano encontrar los "ladrillos de la materia", la última y más pequeña partícula. Hace cien años pensaron que la habían encontrado en el *átomo* (palabra griega que significa "indivisible"). El descubrimiento de las partículas subatómicas llevó a los físicos a penetrar más profundamente en la estructura de la materia. En 1928, los científicos se imaginaban que habían descubierto las partículas más pequeñas —protones, electrones y fotones, de los que se compondría todo el mundo material—. Esto se vino abajo más tarde, con el descubrimiento del neutrón, el positrón, el deuterón y toda una ristra de partículas, incluso más pequeñas, con una existencia a cual más escurridiza: neutrinos, mesones pi, mesones mu, mesones k, etc. El ciclo vital de algunas de estas partículas es tan evanescente, quizás la mil millonésima parte de un segundo, que han sido calificadas de "partículas virtuales", algo totalmente impensable en la era precuántica.

El *tauón* existe sólo durante la billonésima parte de un segundo, antes de convertirse en un *muón* y después en un electrón. El neutro *pión* es incluso más breve, rompiéndose en menos de una mil billonésima fracción de segundo para formar un par de rayos gamma. Sin embargo estas partículas viven hasta muy viejas si las comparamos con otras que tienen una vida de la centésima parte de un microsegundo. Algunas, como la partícula neutra *sigma*, se rompen después de una cien billonésima parte de un segundo. Esto fue incluso superado en los años 60 por el descubrimiento de partículas tan evanescentes que sólo se podía determinar su existencia por la necesidad de explicar los productos de su ruptura. La vida media de estas partículas es del orden de unas pocas mil billonésimas de segundo. Son conocidas como *partículas de resonancia*. Y ni siquiera esto es el fin de la historia.

Posteriormente se descubrieron más de ciento cincuenta nuevas partículas, a las que se denominó *hadrones*. La situación se hizo cada vez más confusa. Un físico norteamericano, Murray Gell-Mann, en un intento de explicar la estructura de las partículas subatómicas, postuló la existencia de otras partículas todavía más básicas, los llamados *quarks*, que fueron presentados, una vez más, como "los últimos bloques componentes de la materia". Gell-Mann teorizó que existían seis tipos diferentes de *quarks* y que la familia de los *quarks* era simétrica a otra familia de seis miembros de partículas más ligeras conocidas como *leptones*. Toda la materia, supuestamente, estaba formada por estas doce partículas. Incluso éstas, las formas más básicas de la materia conocidas por la ciencia hoy en día, poseen las mismas cualidades contradictorias que podemos ver en toda la naturaleza, de acuerdo con la ley dialéctica de la unidad y lucha de contrarios. Los *quarks* también existen a pares y tienen carga negativa y positiva, aunque se expresa, inusualmente, en fracciones.

A pesar de que la experiencia ha demostrado que la materia no tiene límite, los científicos siguen buscando, en vano, los "ladrillos de la materia". Es cierto que este tipo de expresiones son creación de periodistas sensacionalistas y de algunos científicos con un superdesarrollado instinto de la autopromoción, y que la búsqueda de partículas más pequeñas y fundamentales es indudablemente una actividad científica legítima que sirve para profundizar nuestros conocimientos sobre el funcionamiento de la naturaleza. Sin embargo, uno tiene la impresión de que por lo menos algunos de ellos se creen realmente que es posible alcanzar algún tipo de último nivel de la realidad, más allá del cual ya no quede nada por descubrir, al menos en el ámbito subatómico.

Se supone que el *quark* es el último de los doce bloques subatómicos que forman toda la materia. "Lo más *emocionante* es que esta es la *última pieza de la materia* tal y como la conocemos, tal y como fue predicha por la cosmología y el modelo estándar de la física de partículas; esta es la última pieza del puzzle', declaró el Dr. David Schramm"[64]. Por lo tanto, el *quark* es la "última partícula".

64. *Financial Times*, 1/4/94. El subrayado es nuestro.

Se dice que es fundamental y que no tiene estructura. Pero anteriormente se dijo lo mismo del átomo, del protón, etc. De la misma manera, podemos predecir confiados el descubrimiento de formas de materia todavía más "fundamentales" en el futuro. Que el estado actual de nuestros conocimientos científicos y la tecnología no nos permitan determinar las propiedades del *quark* no nos autoriza a afirmar que no tiene estructura. Las propiedades del *quark* todavía esperan ser analizadas, y no hay razón para suponer que eso no se vaya a conseguir, señalando el camino para el sondeo a más profundidad de las infinitas propiedades de la materia. Este es el camino por el que siempre ha avanzado la ciencia. Las supuestamente infranqueables barreras al conocimiento erigidas por una generación han sido derribadas por la siguiente, y así sucesivamente. Toda la experiencia previa nos da la razón al afirmar que este proceso dialéctico de avance del conocimiento humano es tan infinito como el propio universo.

6. Incertidumbre e idealismo

El principio de incertidumbre

La mecánica clásica no podía explicar el comportamiento de las partículas elementales. Había que desarrollar una nueva teoría. El auténtico golpe de muerte para la mecánica newtoniana como teoría universal lo asestaron Einstein, Schrödinger, Heisenberg y otros científicos, que a principios del siglo XX asistieron al nacimiento de la mecánica cuántica.

En esta teoría hay conceptos como *espacio de las fases* (un espacio multidimensional cuyas coordenadas son los grados de libertad del sistema) u *operadores* (magnitudes que juegan un papel decisivo y son incompatibles con las magnitudes algebraicas, en el sentido de que son más parecidas a operaciones que a magnitudes propiamente dichas; de hecho, expresan relaciones en lugar de propiedades fijas). La probabilidad también juega un papel importante, pero como *probabilidad intrínseca*: es una de las características esenciales de la mecánica cuántica, cuyos sistemas tienen que ser interpretados como la superposición de todos los posibles caminos que pueden seguir.

Las partículas cuánticas sólo se pueden definir como un conjunto de relaciones internas entre sus estados *actual* y *virtual*. En este sentido son puramente dialécticas. La medición de estas partículas sólo nos lleva a conocer su estado *actual*, que sólo es un aspecto del todo (esto se explica popularmente con la paradoja del gato de Schrödinger). Se le denomina *colapso de la función de onda* y se expresa en el principio de incertidumbre de Heisenberg. Las demás disciplinas científicas mantuvieron durante largo tiempo en "cuarentena" esta manera totalmente nueva de entender la realidad física por la mecánica cuántica. Era vista como una mecánica no ordinaria que sólo se podía utilizar para describir el comportamiento de las partículas elementales, como una excepción irrelevante a la regla de la mecánica clásica.

En lugar de las viejas certezas, ahora reinaba la incertidumbre. Los movimientos aparentemente casuales de las partículas subatómicas, con sus velocida-

des inimaginables, ya no se podían expresar en términos de la vieja mecánica. Cuando una ciencia llega a un callejón sin salida y ya no es capaz de explicar los hechos, el terreno está abonado para una revolución y el surgimiento de una nueva ciencia. Sin embargo, ésta no nace completamente desarrollada. Sólo después de un tiempo adquiere su forma completa. Al principio es prácticamente inevitable un cierto grado de improvisación, incertidumbre e interpretaciones diversas y a menudo contradictorias.

En las últimas décadas se ha abierto un debate entre el determinismo y la llamada interpretación *estocástica* ("casual") de la naturaleza. El problema fundamental es que necesidad y accidente son considerados opuestos absolutos, contrarios mutuamente excluyentes. De esta manera llegamos a dos puntos de vista antagónicos, ninguno de los cuales explica adecuadamente el funcionamiento contradictorio y complejo de la naturaleza.

El físico alemán Werner Heisenberg desarrolló su propia visión particular de la mecánica cuántica. En 1932 recibió el premio Nobel de Física por su sistema de *mecánica matricial*, que describe los niveles de energía de las órbitas de los electrones en términos puramente numéricos, sin recurrir a imágenes. De esta manera esperaba haber dado esquinazo a todos los problemas originados por la contradicción entre ondas y partículas, abandonando cualquier intento de visualizar el fenómeno y tratándolo como una pura abstracción matemática. La mecánica ondulatoria de Erwin Schrödinger cubría exactamente el mismo campo que la mecánica matricial, sin necesidad de retirarse al reino de las abstracciones matemáticas absolutas. La mayoría de los físicos prefirieron el punto de vista de Schrödinger, que parecía mucho menos abstracto, y no se equivocaron. En 1944, el matemático John van Neumann demostró que ambas eran matemáticamente equivalentes y llegaban a los mismos resultados.

Heisenberg logró importantes avances en la mecánica cuántica. Pero su punto de vista estaba totalmente empapado por el empeño de imponer su tendencia filosófica particular a la nueva ciencia. De aquí surge la llamada *interpretación de Copenhague* de la mecánica cuántica, en realidad una variante del subjetivismo idealista débilmente disfrazada de escuela de pensamiento científico. "Werner Heisenberg", escribió Isaac Asimov, "planteó una cuestión profunda que proyectó las partículas, y la propia física, prácticamente al reino de lo incognoscible"[65]. Esta es la palabra correcta que hay que utilizar. No estamos tratando de lo *desconocido*, siempre presente en la ciencia. Toda la historia de la ciencia es el avance de lo desconocido a lo conocido, de la ignorancia al conocimiento. Pero las dificultades empiezan si se confunde lo desconocido con lo *incognoscible*. Hay una diferencia fundamental entre "no conocemos" y "no podemos conocer". La ciencia parte de la noción básica de que el mundo objetivo existe y podemos conocerlo.

Sin embargo, la historia de la filosofía deja ver repetidos intentos de poner límites al conocimiento humano, afirmando que hay cosas que por una u otra

65. I. Asimov, *New Guide to Science*, p. 375.

razón "no podemos conocer". Así, Kant planteó que sólo podíamos conocer la apariencia, pero no la *cosa en sí*. En esto seguía los pasos del escepticismo de Hume, del idealismo subjetivo de Berkeley y de los sofistas griegos: no podemos conocer el mundo.

En 1927, Heisenberg planteó su famoso principio, según el cual es imposible determinar simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula. Cuanto más cierta es la posición de una partícula, más incierto es su momento, y viceversa (esto también se aplica a otros pares de propiedades específicas). La dificultad de establecer con precisión la posición y velocidad de una partícula que se mueve a 8.000 kilómetros por segundo en diferentes direcciones es obvia. Pero sacar de ahí la conclusión de que causa y efecto (causalidad) no existen es totalmente erróneo.

¿Cómo se puede determinar la posición de un electrón?, se preguntó. Observándolo. Pero si para la observación utilizamos un microscopio potente, esto significa que lo bombardearemos con una partícula de luz, un fotón, que inevitablemente interferirá en el momento del electrón observado porque la luz se comporta como una partícula. Por tanto, el mismo acto de la observación hace cambiar al electrón observado. La interferencia será impredecible e incontrolable, ya que (al menos en la actual teoría cuántica) no hay manera de conocer o controlar de antemano el ángulo preciso con que el fotón se dispersará en las lentes. Debido a que una medición precisa de la posición requiere la utilización de luz de onda corta, se transfiere al electrón un momento importante pero impredecible e incontrolable. Por otra parte, una determinación precisa del momento requiere la utilización de fotones de momento muy bajo (de onda larga), lo que significa que habrá un amplio ángulo de difracción y, por tanto, una pobre definición de la posición. Cuanto más precisamente definamos la posición, menos preciso será el momento, y viceversa.

¿Podemos resolver el problema con el desarrollo de nuevos tipos de microscopios? Según la teoría de Heisenberg, no. Puesto que toda la energía se agrupa en cuantos y toda la materia tiene la propiedad de actuar como onda o como partícula, cualquier aparato que se utilice estará dominado por este principio de incertidumbre (o indeterminación). De hecho, el término incertidumbre es inexacto porque lo que se afirma no es sólo que no podamos tener certeza por problemas de medición, sino que *todas las formas de materia son indeterminadas por su propio carácter*. Como dice David Bohm en su libro *Causality and Chance in Modern Physics* (Causalidad y casualidad en la física moderna): "De esta manera, la renuncia a la causalidad en la interpretación usual de la teoría cuántica no se debe considerar simplemente como el resultado de nuestra incapacidad para *medir* los valores precisos de las variables que entrarían en la expresión de las leyes causales en el ámbito subatómico, sino, más bien, debería ser considerada como un reflejo de que no existen tales leyes".

En lugar de verlo como un aspecto concreto de la teoría cuántica en un estadio concreto de su desarrollo, Heisenberg planteó la indeterminación como una ley fundamental y universal de la naturaleza y asumió que todas las demás leyes natu-

rales tenían que ser acordes con ella. Este punto de vista es totalmente diferente del adoptado por la ciencia en el pasado al enfrentarse a problemas relacionados con fluctuaciones irregulares y movimiento casual. Nadie se imagina que sea posible predecir el movimiento exacto de una molécula en un gas o todos los detalles de un accidente de tráfico, pero nunca antes se intentó deducir de esto la *inexistencia de la causalidad.*

Y ésta es precisamente la conclusión que se nos invita a sacar del *principio de incertidumbre*. Científicos y filósofos idealistas vienen a plantear que no existe la causalidad. Por lo tanto la naturaleza parece un asunto totalmente casual, sin causa. El universo es impredecible, no podemos estar seguros de nada. "Por el contrario, se asume que en cualquier experimento, el resultado *preciso* que se obtendrá es *completamente arbitrario*, en el sentido de que no tiene ningún tipo de relación con ninguna otra cosa que exista en el mundo o que nunca haya existido"[66].

Esta postura es la negación completa no sólo de toda la ciencia, sino del pensamiento racional. Si no hay causa ni efecto, no es posible predecir ni explicar nada. Tenemos que limitarnos a describir. Pero ni siquiera esto, ya que tampoco podemos estar seguros de que exista algo fuera de nosotros y nuestros sentidos. Esto nos lleva de cabeza a la filosofía del idealismo subjetivo. Nos recuerda el argumento de los sofistas de la Grecia antigua: "No puedo conocer nada sobre el mundo. Si puedo conocer algo, no puedo comprenderlo. Y si puedo comprenderlo, no puedo expresarlo".

El principio de incertidumbre realmente representa el carácter altamente evasivo del movimiento de las partículas subatómicas, que no se sujetan al tipo de ecuaciones y medidas simplistas de la mecánica clásica. No se puede dudar de la contribución de Heisenberg a la física; lo que está en cuestión son las conclusiones filosóficas que extrajo de la mecánica cuántica. Que no podamos determinar exactamente la posición y el momento de un electrón no quiere decir en absoluto que no exista la objetividad. El método de pensamiento subjetivo empapa la llamada escuela de Copenhague de la mecánica cuántica. Niels Bohr llegó a afirmar: "Es incorrecto pensar que la tarea de la física es descubrir cómo *es* la naturaleza. La física se preocupa de lo que podemos decir sobre la naturaleza".

El físico John Wheeler defiende que "ningún fenómeno es un fenómeno real hasta que sea un fenómeno observado". Y Max Bohm plantea la misma filosofía subjetivista con absoluta claridad: "A la generación a la que Einstein, Bohr y yo mismo pertenecemos se le enseñó que existe un mundo físico objetivo que se desarrolla de acuerdo con leyes inmutables independientes de nosotros; nosotros observamos este proceso al igual que el público mira una obra en un teatro. Einstein todavía cree que ésta debería ser la relación entre el observador científico y su sujeto"[67].

---

66. D. Bohm, *op. cit*., pp. 86-87.
67. T. Ferris, *The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics*, pp. 103 y 106.

Aquí nos enfrentamos no a una evaluación científica, sino a una opinión filosófica que refleja un determinado punto de vista del mundo, el del idealismo subjetivo, que impregna toda la interpretación de la teoría cuántica de la escuela de Copenhague. Eminentes investigadores se opusieron a este subjetivismo, absolutamente contrario al método y enfoque científicos, lo que dice mucho a su favor. Entre otros, Einstein, Max Planck, Louis de Broglie y Erwin Schrödinger, que jugaron un papel en el desarrollo de la nueva física al menos tan importante como el de Heisenberg.

OBJETIVIDAD VERSUS SUBJETIVISMO

No cabe duda que la interpretación que hizo Heisenberg de la física cuántica estaba poderosamente influida por sus ideas filosóficas. Ya en 1919, en sus tiempos de estudiante, era un idealista consciente que admitió haber sido impresionado por el *Timeo* de Platón —la obra en que expresa su idealismo de manera más oscurantista—, a la vez que luchaba en las filas de los *Freikorps* reaccionarios contra los trabajadores alemanes. Más tarde declaró que estaba "mucho más interesado en subrayar las ideas filosóficas que en lo demás" y que era necesario "apartarse de la idea de procesos objetivos en el tiempo y el espacio". En otras palabras, la interpretación filosófica de Heisenberg de la física cuántica estaba lejos de ser el resultado objetivo de la experimentación científica. Estaba claramente condicionada por su concepción filosófica idealista, que aplicó conscientemente a la física.

El idealismo filosófico es contrario no sólo a la ciencia, sino a toda la experiencia humana. Carece de valor científico y es totalmente inútil en la práctica. Los científicos, que como regla general quieren mantenerse alejados de la especulación filosófica, hacen una pequeña inclinación de cabeza en dirección a Heisenberg y simplemente siguen con su trabajo de investigación dando por supuesto no sólo que la naturaleza existe, sino que funciona según leyes definidas, incluidas las de causa y efecto, que con un poco de esfuerzo pueden ser perfectamente comprendidas e incluso predichas. Las consecuencias reaccionarias de este idealismo subjetivo se demuestran por la propia evolución de Heisenberg, que justificó su colaboración activa con los nazis porque "no hay líneas generales a las que nos podamos agarrar. Tenemos que decidir por nosotros mismos, y no podemos decir por adelantado si lo estamos haciendo correcta o incorrectamente"[68].

Erwin Schrödinger no negaba la existencia de fenómenos casuales en la naturaleza o en la mecánica cuántica. Menciona específicamente la combinación casual de moléculas de ADN en el momento de la concepción de un niño, en el que las características cuánticas de los lazos químicos juegan un papel. Sin embargo, objetó la interpretación de Copenhague sobre las implicaciones del experi-

68. E. J. Lerner, *The Big Bang Never Happened*, pp. 362-63.

mento de los "dos agujeros". Frente a que las ondas de probabilidad de Max Born significasen que teníamos que renunciar a la objetividad del mundo, defendió que éste existe independientemente de que nosotros lo observemos.

Schrödinger ridiculizó la afirmación de Heisenberg y Bohr de que cuando un electrón o un fotón no está siendo observado no tiene posición y que sólo se materializa en un momento a consecuencia de la observación. Para contrarrestarlos inventó un famoso "experimento mental". Tomemos un gato y metámoslo en una caja con una ampolla de cianuro que se romperá al desintegrarse un átomo, dijo. Según Heisenberg, el átomo no "sabe" que se ha desintegrado hasta que alguien lo observa. Por tanto, según los idealistas, hasta que alguien no abra la caja y mire dentro ¡el gato no está ni vivo ni muerto! Con esta anécdota, Schrödinger quería resaltar las contradicciones absurdas provocadas por la interpretación idealista subjetiva de Heisenberg. Los procesos de la naturaleza tienen lugar objetivamente, independientemente de que por ahí haya o no haya seres humanos observándolos.

Según la interpretación de Copenhague, la realidad sólo es cuando la observamos. Dicho de otra manera, existe en una especie de limbo, un "estado de superposición de ondas de probabilidad", como nuestro gato que no está "ni vivo ni muerto". La interpretación de Copenhague traza una profunda línea divisoria entre el observador y lo observado. Siguiendo esta interpretación, algunos físicos extraen la conclusión de que la conciencia tiene que existir, pero que es impensable una realidad material sin conciencia. Este es precisamente el punto de vista del idealismo subjetivo, al que Lenin respondió ampliamente en su libro *Materialismo y empiriocriticismo*.

El materialismo dialéctico parte de la premisa de la objetividad del universo material, que llega a nosotros en forma de percepciones sensoriales. "Interpreto el mundo a través de mis sentidos". Esto es evidente. Pero el mundo existe independientemente de mis sentidos. Eso también es evidente, dirán algunos, ¡pero no para la filosofía burguesa moderna! Una de las principales corrientes de la filosofía del siglo XX es el positivismo lógico, que precisamente niega la objetividad del mundo material. Más correctamente, considera que la propia cuestión de si el mundo existe o no es irrelevante y "metafísica". El idealismo subjetivo ha sido completamente minado por los descubrimientos científicos del siglo XX. El acto de la observación significa que nuestros ojos están recibiendo energía de una fuente externa en forma de ondas de luz (fotones). Esto lo explicó Lenin con claridad en 1908-09:

"Si el color es una sensación únicamente en razón de su dependencia de la retina (como os lo obligan a reconocer las Ciencias Naturales), se deduce de ello que los rayos luminosos producen, al llegar a la retina, la sensación de color. Lo que quiere decir que, fuera de nosotros, independientemente de nosotros y de nuestra conciencia, existe el movimiento de la materia, supongamos ondas de éter de una longitud y de una velocidad determinada, que, obrando sobre la retina, producen en el hombre la sensación de este o el otro color. Tal es precisamente el punto de vista de las Ciencias Naturales. Estas explican las diferentes sensaciones

de color por la diferente longitud de las ondas luminosas, existentes fuera de la retina humana, fuera del hombre e independientemente de él. Y esto es precisamente materialismo: la materia, actuando sobre nuestros órganos de los sentidos, suscita la sensación. La sensación depende del cerebro, de los nervios, de la retina, etc., es decir, de la materia organizada de determinada manera. La existencia de la materia no depende de la sensación. La materia es lo primario. La sensación, el pensamiento, la conciencia es el producto supremo de la materia organizada de un modo especial. Tales son los puntos de vista del materialismo en general y de Marx y Engels en particular"[69].

El método idealista subjetivo de Heisenberg es bastante explícito: "Nuestra situación actual en la investigación en física atómica es generalmente ésta: queremos entender cierto fenómeno, queremos reconocer cómo este fenómeno se deduce de las leyes generales de la naturaleza. Por lo tanto, la parte de materia o radiación que toma parte en el fenómeno es el 'objeto' natural en el tratamiento teórico, y debería estar separado de las herramientas utilizadas para estudiar el fenómeno. Esto de nuevo hace énfasis en un elemento subjetivo en la descripción de acontecimientos atómicos, en la medida en que el dispositivo para medirlos ha sido construido por el observador, y tenemos que recordar que lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de cuestionamiento. Nuestro trabajo científico en física consiste en hacernos preguntas sobre la naturaleza en el lenguaje que poseemos e intentar conseguir una respuesta en un experimento con los medios a nuestro alcance"[70].

Kant erigió una barrera impenetrable entre el mundo de las apariencias y el de la realidad "en sí misma". Heisenberg va más allá. No sólo habla de la "naturaleza en sí misma", sino que incluso plantea que no podemos conocer la parte de la naturaleza que puede ser observada, ya que la propia observación la modifica. Así, Heisenberg intenta abolir de una vez por todas el criterio científico de la objetividad. Desgraciadamente, muchos científicos que negarían indignados la acusación de misticismo han asimilado acríticamente las ideas filosóficas de Heisenberg, por la simple razón de que no están dispuestos a aceptar la necesidad de un enfoque filosófico consistentemente materialista.

La cuestión estriba en que las leyes de la lógica formal no sirven más allá de ciertos límites. Esto se aplica especialmente a los fenómenos del mundo subatómico, donde las leyes de la identidad, contradicción y del medio excluido no se pueden aplicar. Al partir de una concepción filosófica idealista, Heisenberg inevitablemente llega a la conclusión de que los fenómenos contradictorios del nivel subatómico no pueden ser en absoluto comprendidos por la mente humana. Pero la contradicción no está en los fenómenos subatómicos, sino en los anticuados e inadecuados esquemas mentales de la lógica formal. Las llamadas paradojas de la mecánica cuántica son precisamente eso. Heisenberg no puede

69. Lenin, *Materialismo y empiriocriticismo*, p. 46.
70. T. Ferris, *op. cit*., pp. 95-96.

aceptar la existencia de contradicciones dialécticas, y por lo tanto prefiere recurrir al misticismo filosófico.

Nos encontramos en presencia de una especie de prestidigitación filosófica. El primer paso es confundir el concepto de causalidad con el viejo determinismo mecánico representado por gente como Laplace. Sus limitaciones ya fueron explicadas por Engels en su *Dialéctica de la naturaleza*. Los descubrimientos de la mecánica cuántica finalmente destruyeron el viejo determinismo mecánico. Sus predicciones son algo diferentes de las de la mecánica clásica. Sin embargo, la mecánica cuántica sigue haciendo predicciones y obtiene resultados precisos de ellas.

CAUSALIDAD Y CASUALIDAD

Un problema al que se enfrenta el estudioso de la filosofía o la ciencia es que se utiliza una terminología particular, con significados diferentes a los de la vida cotidiana. Uno de los temas fundamentales de la historia de la filosofía es la relación entre libertad y necesidad, una cuestión complicada que no se simplifica en absoluto cuando aparece con otros ropajes: causalidad y casualidad, necesidad y accidente, determinismo e indeterminismo, etc.

Todos sabemos por nuestra experiencia diaria lo que queremos decir con necesidad. Cuando necesitamos hacer algo, quiere decir que no tenemos opción, que no podemos hacer otra cosa. El diccionario define la necesidad como un conjunto de circunstancias que fuerzan a algo a ser o a hacerse, especialmente relacionado con una ley del universo que dirige y es inseparable de la vida y acciones humanas. La idea de necesidad física implica la noción de compulsión y sujeción. Aparece en expresiones como "aceptar lo inevitable" o "la necesidad no conoce ley alguna".

En sentido filosófico, la necesidad está estrechamente vinculada a la causalidad, la relación entre causa y efecto —una acción o acontecimiento dado que necesariamente da lugar a un resultado concreto—. Por ejemplo, si dejo de respirar durante una hora, me moriré. O si froto dos palos produciré calor. Esta relación entre causa y efecto, confirmada por un número infinito de observaciones y experiencias prácticas, juega un papel fundamental en la ciencia. En contraste, el *accidente* se considera como un acontecimiento inesperado, que puede suceder o no, como cuando tropezamos con una baldosa floja en el pavimento o se nos cae un plato en la cocina. Sin embargo, en filosofía el accidente es una propiedad de las cosas que es meramente un atributo *contingente*, es decir, que no forma parte de su naturaleza esencial. Un accidente es algo que no existe por necesidad y que podría igualmente no haber sucedido. Si suelto un trozo de papel, normalmente caerá al suelo debido a la ley de la gravedad. Este es un ejemplo de causalidad, de *necesidad*. Pero si una corriente de aire lo arrastra inesperadamente, eso se consideraría una *casualidad*. Por lo tanto, la necesidad está gobernada por una ley que

se puede expresar y predecir científicamente. Las cosas que pasan por necesidad son cosas que no podrían haber sucedido de otra manera. Por otra parte, los acontecimientos casuales son aquellos que podrían haber pasado o no, que son impredecibles por naturaleza y que no están gobernados por ninguna ley que se pueda expresar claramente.

La experiencia de la vida nos convence de que tanto la necesidad como el accidente existen y juegan un papel. La historia de la ciencia y la sociedad es la búsqueda de los patrones subyacentes en la naturaleza. Aprendemos de pequeños a distinguir entre lo esencial y lo no esencial, lo necesario y lo contingente. Incluso cuando en un momento dado de nuestro conocimiento nos encontramos con condiciones excepcionales que pueden parecernos "irregulares", a menudo sucede que la experiencia posterior revela un tipo diferente de regularidad y relaciones causales todavía más profundas, que no eran obvias a primera vista.

La búsqueda de una comprensión racional del mundo en que vivimos está íntimamente vinculada a la necesidad de descubrir la causalidad. Un niño pequeño, en su aprendizaje de la vida, siempre pregunta (ante la desesperación de los padres, que muchas veces no tienen una respuesta): *¿por qué?* Gracias a la observación y la experiencia, formulamos hipótesis sobre qué causa un fenómeno determinado. Este es el fundamento de la comprensión racional. Como regla general, estas hipótesis a su vez dan lugar a predicciones de cosas que todavía no han sido experimentadas, que se podrán comprobar con la observación o la experiencia. Esto no es sólo una descripción de la historia de la ciencia, sino también de una parte importante del desarrollo mental del ser humano desde la tierna infancia. Por tanto, abarca el desarrollo intelectual en su sentido más amplio, desde los procesos de aprendizaje más básicos del niño hasta los estudios más avanzados sobre el universo.

La existencia de la causalidad, demostrable en una inmensa cantidad de observaciones, nos permite hacer importantes predicciones no sólo en la ciencia, sino en la vida cotidiana. Todo el mundo sabe que si calentamos agua a 100 ºC se convierte en vapor. Este es el fundamento para hacerse una taza de café y también de la revolución industrial, sobre la que se apoya la sociedad moderna. Sin embargo, hay filósofos y científicos que mantienen seriamente que no se puede decir que la evaporación haya sido causada por el calentamiento del agua. La posibilidad de hacer predicciones sobre un enorme número de acontecimientos es una prueba de que la causalidad no es simplemente una manera conveniente de describir las cosas, sino, como plantea David Bohm, un aspecto inherente y esencial de las cosas. De hecho, es imposible incluso definir las propiedades de las cosas sin recurrir a la causalidad. Por ejemplo, cuando decimos que una cosa es roja, lo que estamos diciendo es que reaccionará de cierta manera sometida a condiciones específicas, es decir, un objeto rojo se define como aquel que expuesto a luz blanca reflejará mayoritariamente luz roja. De igual manera, que el agua se convierta en vapor al calentarla y en hielo al enfriarla es la expresión de una relación causal cualitativa que forma parte de las propiedades esenciales de este líquido, sin

las cuales no sería agua. Las leyes matemáticas generales del movimiento de los cuerpos en movimiento son igualmente propiedades esenciales de estos cuerpos, sin los cuales ya no serían lo que son. Los ejemplos de este tipo se pueden multiplicar hasta el infinito. Para entender por qué y cómo la causalidad está tan estrechamente ligada con las propiedades esenciales de las cosas no es suficiente considerar éstas de manera estática y aislada. Hay que considerarlas tal como son, tal como fueron y tal como necesariamente serán en el futuro, es decir, analizar las cosas como *procesos*.

Para poder entender acontecimientos concretos no hace falta especificar *todas* las causas. De hecho, esto es imposible. Ese determinismo absoluto planteado por Laplace ya había sido respondido de antemano por Spinoza en el siguiente pasaje ingenioso:

"Pues si, por ejemplo, cayese una piedra desde lo alto sobre la cabeza de alguien, y lo matase, demostrarán que la piedra ha caído para matar a ese hombre, de la manera siguiente. Si no ha caído con dicho fin, queriéndolo Dios, ¿cómo han podido juntarse al azar tantas circunstancias? (Y, efectivamente, a menudo concurren muchas a la vez). Acaso responderéis que ello ha sucedido porque el viento soplaba y el hombre pasaba por allí. Pero —insistirán— ¿por qué soplaba entonces el viento? ¿Por qué el hombre pasaba por allí entonces? Si respondéis, de nuevo, que el viento se levantó porque el mar, aun estando el tiempo tranquilo, había empezado a agitarse el día anterior, y que el hombre había sido invitado por un amigo, insistirán de nuevo, a su vez —ya que el preguntar no tiene fin—: ¿y por qué se agitaba el mar?, ¿por qué el hombre fue invitado en aquel momento?

"Y, de tal suerte, no cesarán de preguntar las causas de las causas, hasta que os refugiéis en la voluntad de Dios, ese asilo de la ignorancia. Así también, cuando contemplan la fábrica del cuerpo humano, quedan estupefactos, y concluyen, puesto que ignoran las causas de algo tan bien hecho, que es obra no mecánica, sino divina o sobrenatural, y constituida de modo tal que ninguna parte perjudica a otra. Y de aquí proviene que quien investiga las verdaderas causas de los milagros, y procura, tocante a las cosas naturales, entenderlas como sabio, y no admirarlas como necio, sea considerado hereje e impío, y proclamado tal por aquellos a quien el vulgo adora como intérpretes de la naturaleza y de los dioses. Porque ellos saben que, suprimida la ignorancia, se suprime la estúpida admiración, esto es, se les quita el único medio que tienen de argumentar y de preservar su autoridad"[71].

MECANICISMO

El intento de eliminar de la naturaleza toda contingencia nos lleva inevitablemente a un punto de vista mecanicista. En la filosofía mecanicista del siglo XVIII, representada en la ciencia por Newton, la idea sencilla de la necesidad se elevaba a

71. Spinoza, *Ética*, pp. 99-100.

categoría de principio absoluto. Se veía como perfectamente simple, libre de toda contradicción y sin irregularidades ni contracorrientes.

La idea de que la naturaleza se rige por leyes es profundamente cierta, pero insuficiente. Lo que necesitamos es una comprensión concreta de cómo funcionan realmente esas leyes. La visión mecanicista de los fenómenos naturales fue necesariamente unilateral, reflejando el nivel real de desarrollo científico de esa época. Su logro más importante fue la mecánica clásica, que estudia procesos relativamente sencillos: causa y efecto (entendidos como la simple acción externa de un cuerpo sólido sobre otro), palancas, equilibrio, masa, inercia, empuje, presión, etc. Aunque estos descubrimientos tuvieron su importancia, fueron claramente insuficientes para llegar a una idea precisa del complejo funcionamiento de la naturaleza. Más adelante, los descubrimientos de la biología, especialmente tras la revolución darwiniana, posibilitaron un nuevo enfoque de los fenómenos científicos, en línea con los procesos más flexibles y sutiles de la materia orgánica.

En la mecánica clásica newtoniana se trata el movimiento como algo simple. Si conocemos en un momento dado las fuerzas que se aplican a un objeto, podemos predecir exactamente cómo se comportará en el futuro. Esto nos lleva al determinismo mecánico, del que el principal exponente fue Laplace, cuya teoría del universo es idéntica a la idea de predestinación presente en algunas religiones, especialmente el calvinismo.

En su *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*, Laplace escribió: "Un intelecto que en un momento dado conociese todas las fuerzas de la naturaleza animada y las posiciones mutuas de los seres que la comprenden podría, si su intelecto fuese lo suficientemente grande como para someter todos estos datos a análisis, condensar en una sola fórmula el movimiento de los mayores cuerpos del universo y el del átomo más ligero: para un intelecto como ése, nada sería indeterminado; y el futuro, al igual que el pasado, sería presente ante nuestros ojos"[72].

La dificultad surge del método mecanicista heredado del siglo XVIII por la física del XIX. La necesidad y el accidente eran considerados mutuamente excluyentes. Un proceso era accidental o necesario, pero no ambas cosas a la vez. Engels analizó este método detalladamente en su obra *Dialéctica de la naturaleza*, donde explica que el determinismo mecánico de Laplace conducía inevitablemente al fatalismo y a un concepto místico de la naturaleza:

"Y luego se afirma que lo necesario es lo único de interés científico, y que lo accidental es indiferente para la ciencia. Es decir: lo que se puede reducir a leyes, y por lo tanto, lo que uno *conoce*, es interesante; lo que no se pueda reducir a leyes, y en consecuencia, lo que uno no conoce, es indiferente y puede hacerse caso omiso de ello. De ahí que toda la ciencia llegue a su fin, pues tiene que investigar precisamente aquello que *no* conocemos; es decir: lo que se puede incluir dentro de leyes generales se considera necesario, y lo que no, accidental. Cualquiera puede advertir que este es el mismo tipo de ciencia que la que proclama

72. Citado en I. Stewart, *Does God Play Dice?*, pp. 10-12.

natural lo que puede explicar, y asigna a causas sobrenaturales lo que no le es posible explicar. Que yo denomine casualidad la causa de lo inexplicable, o que la llame Dios, es en todo sentido indiferente en lo que se refiere a la cosa misma. Una y otra equivalen a 'no sé', y por lo tanto no pertenecen a la ciencia. Esta última termina donde falta la conexión necesaria".

Engels plantea que en la práctica este tipo de determinismo mecánico pone la necesidad al nivel del accidente. Si todo acontecimiento insignificante está en el mismo orden de importancia y necesidad que la ley de la gravitación universal, entonces todas las leyes son igual de triviales:

"Según esta concepción, sólo predomina en la naturaleza la necesidad simple y directa. Que determinada vaina de guisantes contenga cinco de éstos, y no cuatro o seis, que la cola de determinado perro tenga doce centímetros y ni un milímetro más o menos; que este año determinada flor de trébol haya sido fertilizada por una abeja, y otra no, y en verdad precisamente por una abeja en especial y en un momento en especial; que determinado diente de león arrastrado por el viento haya germinado y otro no; que ayer me picase una pulga a las cuatro de la mañana y no a las tres o a las cinco, y en el hombro derecho, y no en la pantorrilla izquierda: todos estos son hechos producidos por una irrevocable concatenación de causa y efecto, por una indestructible necesidad, de tal naturaleza, en verdad, que la esfera gaseosa de la cual se deriva el sistema solar ya estaba constituida así, que estos sucesos debían ocurrir de tal manera, y no de la otra. Con este tipo de necesidad, tampoco nos alejamos de la concepción teológica de la naturaleza. Sea que con Agustín y Calvino la llamemos eterno decreto divino, o *kismet** como los turcos, o que la llamemos necesidad, lo mismo da para la ciencia. No se trata de seguir los eslabones de la concatenación causal, en ninguno de esos casos. Por lo tanto quedamos tan enterados en uno como en otro; la denominada necesidad sigue siendo una frase hueca y con ella la casualidad también queda como estaba"[73].

Laplace pensó que podría abolir de golpe la contingencia si pudiera encontrar las causas de todas las cosas. Durante bastante tiempo pareció que el funcionamiento del universo se podía reducir a unas pocas ecuaciones relativamente simples. Una de las limitaciones de la mecánica clásica es que asume que no hay influencias externas en el movimiento de los cuerpos. En realidad, sin embargo, todo cuerpo está influido y determinado por todos los demás cuerpos. No hay nada que se pueda tomar de forma aislada.

Hoy en día las pretensiones de Laplace nos pueden parecer extravagantes y poco razonables. Pero extravagancias similares las podemos encontrar en cada etapa de la historia de la ciencia, en la que cada generación se cree firmemente en posesión de la "verdad absoluta". Y no está del todo equivocada. Las ideas de cada generación son de hecho la verdad absoluta *para ese período*. Pero todo lo que se dice al hacer afirmaciones de ese tipo es: "Esto es lo más lejos que podemos llegar

---

* *Kismet*, en el uso musulmán, principalmente turco, significa destino o hado.

73. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 175-76.

en nuestra comprensión de la naturaleza, con la información y las posibilidades tecnológicas que tenemos actualmente". Por lo tanto, no es incorrecto plantear que son verdades absolutas en un momento dado, porque no podemos basarnos en otras.

EL SIGLO XIX

La mecánica clásica de Newton representó un enorme paso adelante para la ciencia de su tiempo. Sus leyes del movimiento posibilitaron por primera vez predicciones cuantitativas precisas que se podían comprobar en fenómenos observados. Pero esta precisión llevó a nuevos problemas cuando Laplace y otros intentaron aplicarla al universo en su conjunto. Laplace estaba convencido de que las leyes newtonianas eran absolutas y universalmente válidas. No tenía en cuenta la posibilidad de que, bajo otras condiciones, en áreas todavía no estudiadas por la física, esas leyes podrían tener que ser modificadas o ampliadas. El determinismo mecanicista de Laplace suponía que, una vez conocidas las posiciones y velocidades de todas las partículas del universo en un instante del tiempo, se podría determinar para siempre el comportamiento futuro de todo el universo. Según esta teoría, toda la rica diversidad de cosas se puede reducir a un conjunto absoluto de leyes cuantitativas basadas en el conocimiento de unas variables iniciales.

La mecánica clásica, expresada en las leyes del movimiento de Newton, trata causas y efectos simples, por ejemplo, la acción de un cuerpo aislado sobre otro. Sin embargo, esto es imposible en la medida en que ningún sistema mecánico está nunca completamente aislado. Las influencias externas inevitablemente destruyen el carácter aislado de la conexión uno-a-uno. Incluso si pudiésemos aislar el sistema, seguiría habiendo interferencias provenientes del nivel molecular, y otras del todavía más profundo nivel de la mecánica cuántica. Como Bohm comenta: "Por lo tanto no existe un caso real de un conjunto de relaciones causales una-a-una perfecto que, en principio, pudiera hacer posibles predicciones de carácter *ilimitado*, sin necesidad de tener en cuenta juegos de factores causales cualitativamente nuevos existentes fuera del sistema de interés o a otros niveles"[74].

¿Quiere esto decir que es imposible hacer predicciones? De ninguna manera. Cuando se apunta con una pistola al centro de una diana, la bala no irá a parar exactamente al punto predicho por la ley del movimiento newtoniana. Pero un gran número de disparos impactarán en una pequeña zona alrededor de dicho punto. De esta manera, dentro de un margen de error que siempre existe, se pueden hacer predicciones muy precisas. Si quisiéramos obtener una precisión ilimitada en este caso, descubriríamos un número cada vez más grande de factores que influyen en el resultado (irregularidades en la estructura de la bala y del cañón, ligeras variaciones de temperatura, presión o humedad, corrientes de aire e, incluso, los movimientos moleculares de todos estos factores).

74. D. Bohm, *op. cit*., p. 20.

Es necesario un cierto grado de aproximación que no tenga en cuenta la infinidad de factores necesarios para la predicción exacta de un resultado. Esto implica una abstracción de la realidad, como en la mecánica newtoniana. Sin embargo, la ciencia avanza continuamente, paso a paso, descubriendo leyes más profundas y más precisas que nos permiten una mejor comprensión de los procesos de la naturaleza y, de esta manera, hacer predicciones más ajustadas. El abandono del determinismo mecánico de Newton y Laplace no significa la abolición de la causalidad, sino una mayor comprensión de cómo funciona realmente.

Las primeras grietas en el muro de la ciencia newtoniana aparecieron en la segunda mitad del siglo XIX, especialmente con la teoría de la evolución de Darwin y el trabajo del físico austríaco Ludwig Boltzmann sobre la interpretación estadística de los procesos termodinámicos. Los físicos se esforzaron en describir sistemas compuestos por muchas partículas, como gases y fluidos, con métodos estadísticos. Sin embargo, esas estadísticas eran vistas como auxiliares en situaciones en las que era imposible, por razones prácticas, recoger información detallada sobre todas las propiedades del sistema (por ejemplo, las posiciones y velocidades de las partículas de un gas en un momento dado).

El siglo XIX presenció el desarrollo de la estadística, en primer lugar en las ciencias sociales y después en la física. Por ejemplo, en la teoría de los gases, donde se puede observar tanto casualidad como determinación en el movimiento de las moléculas que componen un gas. Por una parte, las moléculas individuales parecen moverse de manera totalmente casual; por otra, el comportamiento del conjunto de moléculas obedece a leyes dinámicas precisas. ¿Cómo explicar esta contradicción? Si el movimiento de cada molécula constituyente es casual y por tanto no se puede predecir, el movimiento de los gases debería de ser igualmente impredecible. Sin embargo no es el caso.

La respuesta al problema nos la da la ley de la transformación de la cantidad en calidad. Del movimiento aparentemente casual de un gran número de moléculas surge una regularidad y un modelo de comportamiento que se puede expresar mediante una ley científica. Del caos surge el orden. Esta relación dialéctica entre libertad y necesidad, entre orden y caos, entre casualidad y determinación era un libro cerrado para la ciencia del siglo XIX, que consideraba las leyes que regían los fenómenos casuales (estadística) totalmente aparte y separadas de las precisas ecuaciones de la mecánica clásica.

"Cualquier líquido o gas es un conjunto de pedazos individuales, tantos que muy bien pudieran ser infinitos. Si cada uno se moviera con independencia, el fluido tendría otras posibilidades infinitas, otros infinitos "grados de libertad", como se dice en la jerga especializada, y las ecuaciones que describen el movimiento habrían de tratar con otras variables infinitas. Pero cada partícula no se mueve con independencia: su movimiento depende del de sus vecinas, y en uno uniforme, los grados de libertad llegan a ser escasos"[75].

75. J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, pp. 131-32.

La mecánica clásica funcionó bastante bien durante largo tiempo, posibilitando importantes avances tecnológicos. Incluso hoy en día tiene un amplio campo de aplicación. Pero llegó un momento en que se descubrieron ciertas áreas en que no era aplicable. Había llegado a su límite. El mundo de la mecánica clásica (lógico y ordenado de forma precisa) describe parte de la naturaleza. Pero sólo una parte. En la naturaleza vemos orden, pero también desorden. Junto a organización y estabilidad, hay fuerzas igualmente poderosas que tienden en dirección contraria. Aquí tenemos que recurrir a la dialéctica, que determina las relaciones entre necesidad y accidente, que demuestra que la acumulación de pequeños cambios aparentemente insignificantes de cantidad se transforman repentinamente en saltos cualitativos.

Bohm propuso una reinterpretación radical de la mecánica cuántica, una nueva manera de ver la relación entre el todo y las partes: "En estos estudios (...) quedó claro que incluso el sistema de un solo cuerpo tiene una característica no mecánica, en el sentido en que éste y su entorno se tienen que entender como un *todo indivisible* en el que los análisis normales clásicos de sistema más entorno, considerados como separados y externos, ya no se pueden aplicar". La relación de las partes "depende crucialmente del estado del todo, de tal manera que no se puede expresar solamente en términos de propiedades de las partes. De hecho, las partes se organizan de manera que fluyen del todo"[76].

La ley dialéctica de la transformación de la cantidad en calidad expresa la idea de que la materia se comporta de manera distinta en sus diferentes niveles. Así, tenemos el nivel de la materia viviente, estudiado principalmente por la biología; el nivel molecular, cuyas leyes son estudiadas principalmente por la química, pero también en parte por la física; el nivel subatómico, estudiado por la mecánica cuántica; e incluso hay otro nivel todavía más profundo, el de las partículas elementales, estudiado por la física de partículas. Cada uno de estos niveles tiene muchas subdivisiones.

Se ha demostrado que las leyes que gobiernan el comportamiento de la materia en cada nivel no son las mismas. Esto ya se vio en el siglo XIX con la teoría cinética de los gases. Si tomamos un recipiente con miles de millones de moléculas gaseosas moviéndose en todas direcciones y en colisión constante unas con otras, es imposible determinar los movimientos precisos de cada molécula individual. En primer lugar, está descartado por razones puramente matemáticas. Pero si fuera posible resolver los problemas matemáticos, en la práctica sería imposible determinar la posición y velocidad iniciales de cada molécula, lo que sería necesario para poder predecir su comportamiento. Incluso un cambio pequeñísimo en el ángulo inicial del movimiento de cualquier molécula alteraría su dirección, lo cual a su vez provocaría un cambio mayor en la siguiente colisión, y sucesivamente, llevando a enormes errores en cualquier predicción.

76. D. Bohm, *op. cit*., pp. x y xi.

Si intentamos aplicar el mismo tipo de razonamiento al comportamiento de los gases en el nivel macroscópico ("normal"), se podría pensar que también es imposible predecir su comportamiento. Pero no es así, el comportamiento de los gases a gran escala se puede predecir perfectamente. Como plantea Bohm:

"Es claro que existe una justificación para hablar de un *nivel macroscópico* con un conjunto de *cualidades relativamente autónomas* y que cumple un conjunto de *relaciones relativamente autónomas* que efectivamente constituyen un juego de *leyes causales macroscópicas*. Por ejemplo, si consideramos una masa de agua, sabemos por experiencia directa a gran escala que actúa de una manera característica propia, como un *líquido*. Con esto queremos decir que muestra todas las cualidades macroscópicas que asociamos con la liquidez. Por ejemplo, fluye, 'moja' las cosas, tiende a mantener cierto volumen, etc. En su movimiento cumple una serie de ecuaciones hidrodinámicas básicas que se expresan únicamente en términos de propiedades a gran escala, como presión, temperatura, densidad local, velocidad de corriente local, etc. De esta manera, si alguien quiere entender las propiedades de la masa de agua, no la trata como un agregado de moléculas, sino más bien como una entidad existente en el nivel macroscópico, que se rige por leyes adecuadas para ese nivel".

Esto no quiere decir que su composición molecular no tenga nada que ver con el comportamiento del agua. Al contrario. La relación entre las moléculas determina, por ejemplo, si se manifiesta como un líquido, un sólido o un gas. Pero como plantea Bohm, existe una relativa autonomía, la materia se comporta de manera distinta en los diferentes niveles, existe "una cierta *estabilidad* de los modos característicos de comportamiento macroscópico, que tienden a mantenerse no sólo más o menos independientemente de lo que hagan las moléculas, sino también de las diferentes interferencias a las que pueda estar sometido el sistema desde el exterior"[77].

¿ES POSIBLE LA PREDICCIÓN?

Cuando tiramos una moneda al aire, se puede decir que la probabilidad de que salga cara o salga cruz es del 50%. Es un fenómeno puramente aleatorio, no se puede predecir. (Por cierto que, mientras está rodando, la moneda no es ni cara ni cruz; la dialéctica —y la nueva física— dirían que es a la vez cara y cruz). En la medida en que sólo hay dos resultados posibles, predomina la casualidad. Pero la cosa cambia cuando implicamos grandes cantidades. Los dueños de los casinos, que se basan supuestamente en juegos de azar, saben que a largo plazo el cero y el doble cero saldrán con tanta frecuencia como cualquier otro número, y por lo tanto pueden embolsarse un beneficio considerable y predecible. Lo mismo se aplica a las compañías de seguros, que ganan gran cantidad de dinero

77. *Ibíd*., pp. 50-51.

en función de probabilidades precisas que, en último término, se convierten en certidumbres prácticas, incluso a pesar de que el destino de sus clientes individuales no es predecible.

Lo que se conoce como "acontecimientos casuales a gran escala" se puede aplicar a un amplio espectro de fenómenos físicos, químicos, sociales y biológicos, desde el sexo de los niños a la frecuencia de defectos de fabricación en una línea de producción. Las leyes de la probabilidad tienen una larga historia y han sido utilizadas en el pasado en diferentes esferas: la teoría de los errores (Gauss), la teoría de la precisión en el tiro (Poisson, Laplace) y, sobre todo, la estadística. Por ejemplo, la ley de los grandes números establece el principio general de que el efecto combinado de un gran número de factores accidentales produce, en una gama muy amplia, resultados que son casi independientes del azar. Esta idea la expresó ya en 1713 Bernoulli, cuya teoría fue generalizada por Poisson en 1837 y afinada por Chebyshev en 1867. Todo lo que hizo Heisenberg fue aplicar las matemáticas de los acontecimientos casuales a gran escala a los movimientos de las partículas subatómicas, donde, como era de esperar, el elemento de casualidad se superó rápidamente.

"La mecánica cuántica, habiendo descubierto leyes precisas y maravillosas que gobiernan las probabilidades, es con números como estos con los que la ciencia supera su *handicap* de indeterminación básica. De esta manera la ciencia predice decididamente. Aunque ahora se confiesen humildemente incapaces de predecir el comportamiento exacto de electrones o fotones individuales u otras entidades fundamentales, sin embargo te pueden decir con bastante confianza cómo deben comportarse en grandes cantidades"[78].

De la casualidad aparente surge un modelo de comportamiento. La búsqueda de estos modelos, es decir, de las leyes subyacentes, conforma la base de toda la historia de la ciencia. Por supuesto, si aceptamos que todo es simplemente casual, que no hay causalidad, y que, en cualquier caso, no podemos conocer nada porque hay limitaciones objetivas a nuestro conocimiento, entonces estaremos perdiendo el tiempo. Por suerte, la historia de la ciencia demuestra que esa clase de temores no tienen ningún fundamento. En la gran mayoría de las observaciones científicas, el grado de indeterminación es tan pequeño que, a efectos prácticos, se puede ignorar. Para los objetos cotidianos, el principio de incertidumbre es completamente inservible. Así, todos los intentos de sacar de él conclusiones filosóficas para aplicarlas al conocimiento y a la ciencia son en general simplemente un truco deshonesto. Incluso en el nivel subatómico no significa de ninguna manera que no se puedan hacer predicciones precisas. Al contrario, la mecánica cuántica hace predicciones muy exactas. Es imposible alcanzar un alto grado de determinación sobre las coordenadas de partículas individuales, que por lo tanto se puede decir que son casuales, pero al final de la casualidad surge el orden y la uniformidad.

78. B. Hoffmann, *op. cit*., p. 152.

Accidente, casualidad, contingencia, etc., son fenómenos que no se pueden definir solamente en términos de las propiedades conocidas de los objetos en estudio. Sin embargo, esto no significa que no se puedan comprender. Consideremos un ejemplo típico de acontecimiento casual: un accidente de coche. Un accidente individual está determinado por un número infinito de acontecimientos casuales: si el conductor hubiese salido de casa un minuto antes, si no hubiese vuelto la cabeza durante una fracción de segundo, si condujese más lento, si la anciana no hubiese cruzado la calle, etc., etc. Todos hemos oído este tipo de cosas muchas veces. El número de causas aquí es literalmente infinito. Precisamente por esto el acontecimiento es completamente impredecible. Es accidental, en vez de necesario, porque podría o no haber sucedido. Este tipo de acontecimientos, contrariamente a la teoría de Laplace, están condicionados por tal cantidad de factores independientes, que no se pueden determinar en absoluto.

Sin embargo, al considerar un gran número de accidentes de este tipo el cuadro cambia totalmente. Hay tendencias regulares que se pueden calcular y predecir con precisión, por lo que se llaman *leyes estadísticas*. No podemos predecir un accidente individual, pero sí (y con bastante precisión) el número de accidentes que se producirán en una ciudad en un determinado período de tiempo. No sólo eso, sino que se pueden introducir leyes y normas que repercutan en el número de accidentes. Hay leyes que gobiernan la casualidad que son tan necesarias como las propias leyes de la causalidad.

La relación real entre causalidad y casualidad fue elaborada por Hegel, que explicó que la necesidad se expresa a través del accidente. Un buen ejemplo de esto es el propio origen de la vida. El científico ruso Oparin explica cómo, en las complejas condiciones del período inicial de la historia de la Tierra, los movimientos casuales de las moléculas tenderían a formar agregados moleculares cada vez más complejos, con todo tipo de combinaciones al azar. Llegados a cierto punto, este enorme número de combinaciones accidentales dan lugar a un salto cualitativo: el surgimiento de la materia viviente. A partir de este momento, el proceso deja de ser una cosa puramente casual. La materia viva empieza a evolucionar siguiendo ciertas leyes, reflejando el cambio en las condiciones. La relación entre accidente y necesidad en la ciencia ha sido estudiada por David Bohm:

"Vemos, por lo tanto, el importante papel de la casualidad. Si le damos suficiente tiempo, hace posible, y de hecho incluso inevitable, todo tipo de combinaciones de cosas. Con toda seguridad, llegará un momento en que ocurrirá una de esas combinaciones que pone en marcha procesos irreversibles o líneas de desarrollo que sustraen el sistema de la influencia de fluctuaciones casuales. Así, uno de los efectos de la casualidad es ayudar a 'agitar las cosas' de tal manera que permita el inicio de líneas de desarrollo cualitativamente nuevas".

Polemizando contra la interpretación idealista subjetiva de la mecánica cuántica, Bohm demuestra de manera concluyente la relación dialéctica entre causali-

dad y casualidad. Toda la historia del pensamiento humano demuestra la existencia de la causalidad. No es una cuestión de especulación filosófica, sino de práctica y del proceso sin fin del conocimiento humano:

"Las leyes causales en un problema específico no se pueden conocer *a priori;* se tienen que *encontrar* en la naturaleza. Sin embargo, respondiendo a la experiencia científica de muchas generaciones, junto con el marco general de la experiencia humana a lo largo de incontables siglos, se han desarrollado métodos bastante bien definidos de encontrar las leyes causales. La primera cosa que sugiere leyes causales es, por supuesto, la existencia de una relación regular que se mantiene en una amplia gama de variaciones de las condiciones. Cuando encontramos regularidades de este tipo, no suponemos que han surgido de manera arbitraria, caprichosa o por coincidencia, sino que (...) damos por supuesto, por lo menos provisionalmente, que son el resultado de relaciones causales necesarias. E incluso respecto a las irregularidades, que siempre existen junto a las regularidades, uno espera, sobre la base de la experiencia científica general, que fenómenos que pueden parecernos completamente irregulares en el contexto de un estadio concreto de desarrollo de nuestra comprensión, más adelante se verá que contienen tipos de regularidades más sutiles, que a su vez nos sugerirán la existencia de relaciones causales más profundas"[79].

HEGEL, SOBRE LA NECESIDAD Y EL ACCIDENTE

Analizando las características del ser en todas sus manifestaciones, Hegel trata sobre la relación entre *potencial* y *actual*, y también entre *necesidad* y *accidente* ("contingencia"). Sobre esta cuestión, es importante clarificar una de las frases más conocidas (o notorias) de Hegel: "Lo que es racional es real, y lo que es real es racional"[80]. A primera vista esta afirmación parece un poco mística, y también reaccionaria, dado que parece implicar que todo lo que existe es racional, y por lo tanto está justificado. Pero esto no es en absoluto lo que Hegel quería decir, como explicó Engels:

"Ahora bien; según Hegel, la realidad no es, ni mucho menos, un atributo inherente a una situación social o política dada en todas las circunstancias y en todos los tiempos. Al contrario. La república romana era real, pero el Imperio romano que la desplazó lo era también. En 1789, la monarquía francesa se había hecho tan irreal, es decir, tan despojada de toda necesidad, tan irracional, que hubo de ser barrida por la Gran Revolución, de la que Hegel hablaba siempre con el mayor entusiasmo. Como vemos, aquí lo irreal era la monarquía y lo real la revolución. Y así, en el curso del desarrollo, todo lo que un día fue real se torna irreal, pierde su necesidad, su razón de ser, su carácter racional, y el puesto

79. D. Bohm, *op. cit*., pp. 25 y 4.
80. Hegel, *Philosophy of Right*, p. 10.

de lo real que agoniza es ocupado por una nueva realidad viable; pacíficamente si lo viejo es bastante razonable para resignarse a morir sin lucha; por la fuerza si se opone a esta necesidad. De este modo, la tesis de Hegel se torna, por la propia dialéctica hegeliana, en su reverso: todo lo que es real, dentro de los dominios de la historia humana, se convierte con el tiempo en irracional; lo es ya, por consiguiente, por el destino que le espera, lleva en sí, de antemano, el germen de lo irracional; y todo lo que es racional en la cabeza del hombre se halla destinado a ser un día real, por mucho que hoy choque todavía con la aparente realidad existente. La tesis de que todo lo real es racional se resuelve, siguiendo todas las reglas del método discursivo hegeliano, en esta otra: todo lo que existe merece perecer"[81].

Una forma dada de sociedad es "racional" en la medida en que logra su propósito, es decir, desarrolla las fuerzas productivas, aumenta el nivel cultural y, por tanto, impulsa el progreso humano. Una vez que ya no es capaz de hacerlo, entra en contradicción consigo misma, es decir, pasa a ser irracional e irreal y deja de tener derecho a existir. Así, incluso en los pronunciamientos aparentemente más reaccionarios de Hegel se esconde una idea revolucionaria.

Todo lo que existe obviamente lo hace por necesidad. Pero no todo puede existir. La existencia potencial no es todavía existencia real. En *Ciencia de la Lógica*, Hegel traza detalladamente el proceso por el que la *posibilidad* pasa a ser *probabilidad*, y ésta se convierte en inevitable ("*necesidad*"). En vista de la enorme confusión que ha surgido en la ciencia moderna sobre la cuestión de la "probabilidad", un estudio del tratamiento completo y profundo que hizo Hegel de esta cuestión es muy instructivo.

Posibilidad y realidad denotan el desarrollo dialéctico del mundo real y de las diferentes etapas en el surgimiento y desarrollo de los objetos. Una cosa que existe contiene *potencialmente* en sí misma la tendencia objetiva al desarrollo, o por lo menos la ausencia de condiciones que imposibilitarían que existiese. Pero hay una diferencia entre la posibilidad abstracta y el potencial real, aunque frecuentemente se confunden ambas cosas. La posibilidad abstracta o formal expresa únicamente la ausencia de condiciones que podrían impedir un determinado fenómeno, pero no implica la presencia de condiciones que hagan inevitable su aparición.

Esto provoca una confusión infinita y es un truco que sirve para justificar toda clase de ideas absurdas y arbitrarias. Por ejemplo, se dice que si se dejase a un mono teclear en una máquina de escribir durante suficiente tiempo acabaría por producir uno de los sonetos de Shakespeare. Este objetivo parece muy modesto. ¿Por qué un solo soneto y no todas sus obras completas? De hecho, ¿por qué no toda la literatura universal, con la teoría de la relatividad y las sinfonías de Beethoven, para redondear? La simple afirmación de que es "estadísticamente posible" no nos hace avanzar un solo paso. Los complejos procesos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano no son susceptibles de simple tra-

81. Marx y Engels, *Obras Escogidas*, vol. III, pp. 356-57.

tamiento estadístico, ni tampoco las obras maestras de la literatura surgirán simplemente por accidente, independientemente del tiempo que esperemos a que el mono nos las teclee.

Para que lo potencial se convierta en real se requiere una concatenación concreta de circunstancias. Es más, no es un proceso simple y lineal, sino dialéctico, en el que tarde o temprano una acumulación de pequeños cambios cuantitativos provoca un salto cualitativo. Lo real (a diferencia de lo abstracto) implica la presencia de todos los factores necesarios para que lo potencial pierda su provisionalidad y se realice. Y como Hegel explica, sigue siendo real sólo en la medida en que estas condiciones existen, y no por más tiempo. Esto es cierto tanto si nos referimos a la vida de un individuo, una forma socioeconómica determinada, una teoría científica o un fenómeno natural. El punto en que un cambio se convierte en inevitable se puede determinar con la línea nodal de las relaciones de medida hegeliana. Si consideramos cualquier proceso como una línea, veremos que en ella existen puntos específicos ("puntos nodales") en que los procesos sufren una aceleración brusca, un salto cualitativo.

Es fácil identificar causa y efecto en casos aislados, como cuando golpeamos una pelota con un bate. Pero en un sentido más amplio, el concepto de causalidad se complica bastante. Las causas y efectos individuales se pierden en un vasto océano de *interacciones*, en que la causa se convierte en efecto y viceversa. Intenta trazar el acontecimiento más simple hasta sus "causas últimas" y verás cómo la eternidad no es suficientemente larga para hacerlo. Siempre habrá una nueva causa que, a su vez, tendrá que ser explicada, y así hasta el infinito. Esta paradoja ha penetrado en la conciencia popular en dichos como éste:

Por un clavo, se perdió la herradura;
Por una herradura, se perdió el caballo;
Por un caballo, se perdió el jinete;
Por un jinete, se perdió la batalla;
Por una batalla, se perdió el reino.
Y todo por la falta de un clavo.

La imposibilidad de establecer la "causa última" ha llevado a alguna gente a abandonar la misma idea de causa. Todo se considera fortuito y accidental. En el siglo XX, esta posición ha sido adoptada, al menos en teoría, por una gran cantidad de científicos, debido a una incorrecta interpretación de los resultados de la física cuántica, especialmente en lo referente a las posiciones filosóficas de Heisenberg. Hegel respondió a estos argumentos por adelantado cuando explicó la relación dialéctica entre accidente y necesidad.

Hegel explicó que no existe la causalidad en el sentido de *causa y efecto aislados*. Cada efecto tiene su efecto contrario y cada acción tiene su reacción. La idea de causa y efecto aisladamente es una abstracción tomada de la física newtoniana clásica, con la que Hegel era muy crítico a pesar de que en aquella época

tenía mucho prestigio. Una vez más, Hegel se adelantó a su época. En lugar de la acción-reacción de la mecánica, él avanzó la noción de *reciprocidad*, de una interacción universal. Cada cosa influye sobre todas las demás cosas, y a su vez es influida y determinada por las demás. De esta manera, Hegel reintrodujo el concepto de accidente, que había sido rigurosamente expulsado de la ciencia por la filosofía mecanicista de Newton y Laplace.

A primera vista, parecemos perdidos en un gran número de accidentes. Pero esta confusión es sólo aparente. El orden surge del caos. Los fenómenos accidentales que constantemente aparecen y desaparecen, como las olas en la superficie del océano, expresan un proceso más profundo que no es accidental, sino necesario. En un punto decisivo, esta necesidad se expresa *a través del accidente*. Esta idea de la unidad dialéctica de necesidad y accidente puede parecer extraña, pero queda totalmente confirmada por toda una serie de observaciones en los campos más diversos de la ciencia y la sociedad. El mecanismo de la selección natural en la teoría de la evolución es el ejemplo más conocido. Pero hay otros muchos ejemplos. En los últimos años se han hecho muchos descubrimientos en el campo de la teoría del caos, que detallan precisamente cómo "el orden surge del caos", que es exactamente lo que Hegel elaboró hace más de siglo y medio.

Debemos recordar que Hegel vivió a principios del siglo XIX, cuando la ciencia estaba completamente dominada por la física mecánica clásica y cincuenta años antes de que Darwin desarrollase la idea de la selección natural a través de mutaciones accidentales. No tenía ninguna evidencia científica para respaldar su teoría de que la necesidad se expresa a través del accidente. Pero esta es la idea central que sustenta el pensamiento científico más moderno e innovador.

Esta profunda ley es igualmente fundamental para una comprensión de la historia. Marx escribió a Kugelmann, en 1871: "La historia universal sería por cierto muy fácil de hacer si la lucha sólo se aceptase a condición de que se presentasen perspectivas infaliblemente favorables. Sería por otra parte de naturaleza muy mística si el 'azar' no desempeñase ningún papel. Estos mismos accidentes caen naturalmente en el curso general del desarrollo y son compensados a su vez por otros accidentes Pero la aceleración y el retardo dependen en mucho de tales 'accidentes', entre los que figura el 'accidente' del carácter de quienes aparecen al principio a la cabeza del movimiento"[82].

Engels planteó lo mismo algunos años después respecto al papel de los "grandes hombres" en la historia: "Los propios hombres hacen su historia, pero hasta ahora no la hacen con una voluntad colectiva o de acuerdo a un plan colectivo, ni siquiera dentro de una sociedad dada perfectamente definida. Sus esfuerzos se entrechocan, y por esta misma razón todas esas sociedades son gobernadas por la *necesidad*, la que es complementada por y aparece en la forma de *azar*. La necesidad que aquí se impone en medio de todos los accidentes es, nuevamente y en última instancia, la necesidad económica. Es aquí donde interviene la cuestión de

82. Carta de Marx a Kugelmann (17/4/1871), en Marx y Engels, *Correspondencia,* p. 265.

los llamados grandes hombres. El que tal y tal hombre, y precisamente ese hombre, surja en un momento determinado en un país dado, es por supuesto puro accidente. Pero suprímaselo, y habrá demanda de un sustituto, y éste será encontrado, bueno o malo, pero a la larga se le encontrará"[83].

DETERMINISMO Y CAOS

La teoría del caos trata de procesos en la naturaleza que aparentemente son caóticos o casuales. La definición de caos en un diccionario sugiere desorden, confusión, casualidad o accidentalidad: movimiento al azar sin propósito, objetivo o principio. Pero la intervención de la "casualidad" pura en los procesos materiales invita a la entrada de factores no físicos, es decir, metafísicos: intervención divina o espiritual. Debido a que trata con acontecimientos "casuales", la nueva ciencia del caos tiene profundas implicaciones filosóficas.

Se ha demostrado que procesos naturales que antes se consideraban aleatorios o caóticos tienen unas leyes internas en el sentido científico, implicando causas deterministas. Es más, este descubrimiento tiene una aplicación tan amplia, por no decir universal, que ha originado una nueva ciencia —algunos dirían una revolución— con un nuevo enfoque y una nueva metodología aplicables a todas las ciencias establecidas: la ciencia del caos. Cuando un bloque de metal se magnetiza, entra en un "estado ordenado" en el que todas sus partículas apuntan en el mismo sentido. Se pueden orientar en un sentido u otro. Teóricamente, es "libre" de orientarse en cualquier dirección. En la práctica, cada pequeña pieza de metal toma la misma "decisión".

Un científico del caos ha desarrollado las reglas matemáticas que describen la "geometría fractal" de una hoja del helecho asplenio negro. Metió toda la información en un ordenador que también tiene un generador casual de números y está programado para crear un dibujo utilizando puntos casualmente colocados en la pantalla. A medida que progresa el experimento, es imposible anticipar donde aparecerá cada punto. Pero infaliblemente aparece la imagen de la hoja de helecho. La similitud superficial entre estos dos experimentos es obvia, pero sugiere un paralelo más profundo. De la misma manera que el ordenador basaba en reglas matemáticas bien definidas su selección aparentemente casual de puntos (y para un observador desde "fuera" del ordenador, a efectos prácticos es casual), también sugeriría que el comportamiento de los fotones (y, por extensión, de todos los acontecimientos cuánticos) está sujeto a reglas matemáticas subyacentes que sin embargo en este momento están más allá de la comprensión humana.

El punto de vista marxista plantea que todo el universo, toda la realidad, se basa en fuerzas y procesos materiales. La conciencia humana es en última instancia sólo un reflejo del mundo real que existe fuera de ella, un reflejo basado en la

83. Carta de Engels a H. Starkenburg (25/1/1894), en Marx y Engels, *Correspondencia*, p. 427.

interacción física entre el cuerpo humano y el mundo material. En el mundo material no hay discontinuidad, no hay interrupción en la interconexión física de acontecimientos y procesos. En otras palabras, no queda ningún espacio para la intervención de fuerzas metafísicas o espirituales. El materialismo dialéctico, dijo Engels, es la ciencia de la interconexión universal. Es más, la interconexión del mundo físico se basa en el principio de causalidad, dado que los procesos y acontecimientos están *determinados* por sus condiciones y la *legitimidad* de sus interrelaciones:

"Lo primero que nos llama la atención al considerar la materia en movimiento es la interrelación de cada uno de los movimientos de los distintos cuerpos, el hecho de que *estén determinados* uno por el otro. Pero no sólo advertimos que a un movimiento determinado le sigue otro, sino también que podemos provocar un movimiento creando las condiciones en que se produce en la naturaleza, que inclusive podemos provocar movimientos que no ocurren para nada en la naturaleza (industria), por lo menos no de esa manera, y que podemos dar a dichos movimientos una dirección y actitud predeterminadas. *De esta manera*, por la *actividad de los seres humanos*, se establece la idea de *causalidad*, la idea de que un movimiento es la *causa* de otro"[84].

La complejidad del mundo puede disfrazar los procesos de causa y efecto hasta hacerlos indistinguibles, pero eso no altera la lógica subyacente. Como Engels explicó, "causa y efecto son representaciones que no tienen validez como tales, sino en la aplicación a cada caso particular, y que se funden en cuanto contemplamos el caso particular en su conexión general con el todo del mundo, y se disuelven en la concepción de la alteración universal, en la cual las causas y los efectos cambian constantemente de lugar, y lo que ahora o aquí es efecto, allí o entonces es causa, y viceversa"[85].

La teoría del caos representa indudablemente un gran avance, pero también posee ciertas formulaciones cuestionables. El famoso *efecto mariposa*, según el cual una mariposa bate sus alas en Tokio y provoca una tormenta la semana siguiente en Chicago, es sin duda un ejemplo sensacional pensado para provocar controversia. Pero formulado así es incorrecto. Los cambios cualitativos sólo pueden darse como resultado de una acumulación de cambios cuantitativos. Un cambio pequeño, accidental (una mariposa batiendo las alas) sólo puede producir un resultado dramático si todas las condiciones para una tormenta ya estaban dadas. En este caso, la necesidad se expresa a través del accidente. Pero sólo en este caso.

La relación dialéctica entre necesidad y accidente se puede ver en el proceso de selección natural. La cantidad de mutaciones casuales en los organismos es infinitamente grande. Sin embargo, en un entorno particular, una de estas mutaciones puede ser útil al organismo y permanecer, mientras que las otras perecen. La necesidad, una y otra vez, se manifiesta a través de la agencia del

84. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 184.
85. Engels, *Anti-Dühring*, p. 22.

accidente. En cierto sentido, la aparición de la vida sobre la Tierra puede ser vista como un "accidente". No estaba predeterminado que la Tierra estuviese situada exactamente a la distancia correcta del Sol ni que contase con la gravedad y atmósfera adecuadas para que sucediese. Pero dada esta concatenación de circunstancias, después de un tiempo, de entre un enorme número de reacciones químicas surge inevitablemente la vida. Esto se aplica no sólo a nuestro propio planeta, sino también a una gran cantidad de planetas, aunque no de nuestro sistema solar, en los que existen condiciones similares. Sin embargo, una vez surgida, la vida deja de ser una cuestión accidental y se desarrolla de acuerdo con sus propias leyes internas.

La propia conciencia no surge de un plan divino, sino que en cierto sentido también surge del "accidente" de la bipedación (posición erguida), que liberó las manos e hizo posible que los humanos primitivos evolucionaran hacia animales fabricantes de herramientas. Es probable que este salto evolutivo fuese el resultado de un cambio climático en África Occidental que destruyó parcialmente el hábitat forestal de nuestros antecesores simiescos. Esto fue un accidente. Como Engels explica en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, ésta fue la base sobre la que se desarrolló la conciencia humana. Pero en un sentido amplio, el surgimiento de la conciencia *—materia consciente de sí misma—* no se puede considerar como un accidente, sino como el producto necesario de la evolución de la materia, que pasa de las formas más simples a las más complejas y que, cuando existen las condiciones, inevitablemente dará paso a la vida inteligente, a formas superiores de conciencia, a sociedades complejas y a lo que conocemos como civilización.

En su *Metafísica*, Aristóteles dedica bastante espacio a la discusión sobre la naturaleza de la necesidad y el accidente. Nos da un ejemplo: las palabras accidentales que provocan una pelea. En una situación tensa, por ejemplo un matrimonio en dificultades, incluso el comentario más inocuo puede provocar una riña. Pero está claro que las palabras que se han dicho no son la causa de la disputa. Es el producto de una acumulación de presiones y tensiones que antes o después llegan a un punto de ruptura. Cuando se llega a este punto, el cambio más mínimo puede provocar una explosión. Podemos ver el mismo fenómeno en una empresa. Durante años, unos trabajadores aparentemente dóciles, temerosos del paro están dispuestos a aceptar todo tipo de imposiciones (reducciones salariales, despidos de compañeros, empeoramiento de las condiciones, etc.). En la superficie, aparentemente no pasa nada. Pero bajo ella se está produciendo un incremento constante del descontento, que, llegado a cierto punto, tiene que encontrar una expresión. Un día los trabajadores deciden que "ya basta". En ese preciso momento, incluso el incidente más trivial puede provocar una huelga. Toda la situación se convierte en su contraria.

Existe una gran analogía entre la lucha de clases y los conflictos entre las naciones. En agosto de 1914, el príncipe heredero del Imperio Austro-húngaro fue asesinado en Sarajevo. Supuestamente esta fue la causa de la Primera Gue-

rra Mundial. Pero de hecho solamente fue un accidente histórico que podía no haber sucedido. Antes de 1914 hubo gran cantidad de accidentes similares (el incidente de Marruecos, el incidente de Agadir) que igualmente podrían haber llevado a la guerra. La causa real de la Primera Guerra Mundial fue la acumulación de contradicciones insuperables entre las principales potencias imperialistas (Gran Bretaña, Francia, Alemania, Austria-Hungría y Rusia). Alcanzado un punto crítico, una pequeña chispa en los Balcanes hizo arder todo el material inflamable acumulado.

También vemos el mismo fenómeno en la economía. En el momento de escribir estas líneas, la City de Londres se ha visto sacudida por el colapso del Barings. Inmediatamente se echó la culpa a las actividades fraudulentas de uno de los empleados en Singapur del banco. Pero el colapso del Barings fue simplemente el último síntoma de una enfermedad mucho más profunda del sistema financiero mundial. A escala mundial, actualmente hay 25 billones de dólares invertidos en derivados financieros. Esto demuestra que el capitalismo ya no se basa en la producción, sino, en mayor o menor medida, en actividades especulativas. Que el Sr. Leeson perdiese gran cantidad de dinero en la Bolsa japonesa podría estar relacionado con el accidente del terremoto de Kobe, pero los analistas económicos serios comprenden que fue la expresión de una debilidad fundamental del sistema financiero internacional. Con o sin el Sr. Leeson, en el futuro nuevos colapsos son inevitables. Las grandes compañías internacionales e instituciones financieras, todas ellas implicadas en estas apuestas atolondradas, están jugando con fuego. Un colapso financiero de grandes proporciones está implícito en la situación.

Se puede admitir que hay muchos fenómenos de los que no entendemos sus causas subyacentes completamente y que, por lo tanto, nos parecen casuales. Esto implica que, a efectos prácticos, sólo se pueden tratar estadísticamente, como una ruleta. Pero por debajo de estos acontecimientos "casuales" sigue habiendo fuerzas y procesos que determinan los resultados finales. Vivimos en un mundo gobernado por el determinismo dialéctico.

MARXISMO Y LIBERTAD

El problema de la relación entre libertad y necesidad era conocido por Aristóteles y discutido interminablemente por los escolásticos medievales. Kant lo utiliza en una de sus conocidas antinomias, en la que se presenta como una contradicción insoluble. En los siglos XVII y XVIII afloró en la matemática como la teoría de la casualidad, relacionada con el juego.

La relación dialéctica entre libertad y necesidad ha resurgido en la teoría del caos. Doyne Farmer, un físico norteamericano investigador de las dinámicas complejas, comenta:

"Desde el punto de vista filosófico, se me antojó que era un medio operativo de definir el libre albedrío, que permitía conciliar éste con el determinismo. El sis-

tema es determinista, pero no se puede decir qué hará a continuación. Al propio tiempo, siempre sentí que los problemas trascendentales del mundo tenían que ver con la creación de la organización, tanto de la vida como de la inteligencia. Pero, ¿cómo se estudiaba eso? Lo que hacían los biólogos parecía muy apropiado y específico; los químicos no lo hacían, desde luego; los matemáticos no soñaban con hacerlo, y era algo que los físicos jamás hacían. He pensado siempre que la aparición espontánea de la autoorganización debía formar parte de la física. Teníamos una moneda con sus dos caras. Aquí había orden en el que brotaba el azar, y allí, un paso más adelante, había azar, en el que el orden subyacía"[86].

El determinismo dialéctico no tiene nada en común con el enfoque mecanicista, y todavía menos con el fatalista. De la misma manera que existen leyes que gobiernan la materia orgánica e inorgánica, existen leyes que gobiernan la evolución de la sociedad humana. Los modelos de comportamiento que podemos observar a través de la historia no son fortuitos. Marx y Engels explicaron que la transición de un sistema social a otro está determinada en última instancia por el desarrollo de las fuerzas productivas. Cuando un sistema socioeconómico dado ya no es capaz de impulsarlas, entra en crisis, preparando el terreno para su derrocamiento revolucionario.

Esto no niega en absoluto el papel del individuo en la historia. Como ya hemos dicho, los seres humanos hacen su propia historia. Sin embargo, sería ingenuo pensar que son "agentes libres" cuyo futuro está determinado exclusivamente por su propia voluntad. Tienen que basarse en condiciones económicas, sociales, políticas, religiosas y culturales creadas al margen de ella. En este sentido, la idea del libre albedrío no tiene sentido. La opinión de Marx y Engels sobre el papel del individuo en la historia queda clara en la siguiente cita de *La Sagrada Familia:*

"La *historia* no hace *nada, 'no* posee inmensas riquezas', *'no* libra batallas'. Es el *hombre*, el hombre real y viviente el que lo hace todo, el que posee y combate; la 'historia' no es como una persona aparte, utilizando al hombre como medio para conseguir *sus propios* fines; la historia *no es sino* la actividad del hombre persiguiendo sus propios fines"[87].

No es que los seres humanos sean simples marionetas del destino, impotentes para cambiar su sino. Pero los *auténticos* hombres y mujeres del mundo real del que Marx y Engels escriben no se pueden elevar por encima de la sociedad en que viven. Hegel escribió que "los intereses mueven la vida de los pueblos". Conscientemente o no, los actores individuales en la escena histórica reflejan, en última instancia, los intereses, opiniones, prejuicios, moral y aspiraciones de una clase o un grupo social. Esto es obvio incluso para el conocedor más superficial de la historia.

Sin embargo, la ilusión del libre albedrío es persistente. El filósofo alemán Leibniz resaltó que una aguja magnética, si pudiese pensar, sin duda se imagina-

86. J. Gleick, *op. cit*., p. 251.
87. Marx y Engels, *Collected Works*, vol. 4, p. 93.

ría que apunta al Norte porque así lo ha decidido. En el siglo XX, Sigmund Freud demolió completamente el prejuicio de que las personas tienen un control completo incluso de sus propios pensamientos. Los *lapsus freudianos* son un ejemplo perfecto de la relación dialéctica entre necesidad y accidente. Freud puso numerosos ejemplos de errores en el habla, "olvidos" y otros "accidentes" que revelan procesos psicológicos más profundos.

Como él mismo escribió: "Ciertas inadecuaciones de nuestras capacidades psíquicas (...) y ciertos comportamientos que no son intencionados demuestran estar bien motivados cuando se someten a una investigación psicoanalítica, y están determinados a través de la conciencia de motivos desconocidos"[88].

Para Freud era un principio fundamental que nada en el comportamiento humano es accidental. Los pequeños errores de la vida cotidiana, los sueños y los síntomas aparentemente inexplicables de los enfermos mentales no son "accidentales". Por definición, la mente humana no es consciente de sus procesos inconscientes. Desde el punto de vista del psicoanálisis, cuanto más profunda sea la motivación inconsciente, más obvio es que la persona no será consciente de ella. Freud comprendió enseguida que estos procesos inconscientes salen a la luz (y por lo tanto pueden ser estudiados) en aquellos comportamientos que la mente consciente rechaza como errores estúpidos o accidentes.

¿Es posible conseguir la libertad? Si lo que queremos decir con acción "libre" es que no esté causada ni determinada, debemos decir francamente que nunca ha existido y nunca existirá. Tal "libertad" imaginaria es pura metafísica. Hegel explicó que la auténtica libertad es el reconocimiento de la necesidad. En la medida en que los seres humanos comprendan las leyes que gobiernan la naturaleza y la sociedad, estarán en condiciones de adueñarse de dichas leyes y utilizarlas en su propio beneficio. Las auténticas bases materiales para que la humanidad pueda llegar a ser libre han sido establecidas por el desarrollo de la industria, la ciencia y la técnica. Sólo podremos hablar de desarrollo humano realmente libre en un sistema racional de sociedad que planifique armoniosamente y controle conscientemente los medios de producción. En palabras de Engels, éste es "el salto del género humano del reino de la necesidad al reino de la libertad".

88. Freud, *The Psychopathology of Everyday Life*, p. 193.

7. La teoría de la relatividad

¿Qué es el tiempo?

Pocas ideas han penetrado tan profundamente en la conciencia humana como la del tiempo. Las nociones de tiempo y espacio han ocupado el pensamiento humano durante miles de años. Parecen simples y fáciles de comprender a primera vista porque forman parte de la experiencia cotidiana. Todo existe en el tiempo y en el espacio, así que estos conceptos nos son familiares. No obstante, familiar no equivale necesariamente a comprendido. Vistos más de cerca, no son tan fácilmente explicables. En el siglo V, San Agustín comentó: "Entonces, ¿qué es el tiempo? Si nadie me lo pregunta, sé qué es el tiempo. Si quiero explicárselo a quien me lo pregunte, no lo sé". El diccionario tampoco nos ayuda mucho. El tiempo se define como un "período", y un período es definido como tiempo. ¡Esto no nos hace avanzar mucho! En realidad, la naturaleza del tiempo y el espacio es un problema filosófico bastante complejo.

Las personas distinguen claramente entre pasado y futuro. El sentido del tiempo, sin embargo, no es exclusivo de los humanos, ni siquiera lo es de los animales. Muchos organismos tienen una especie de "reloj interno", como las plantas que giran en una dirección durante el día y en otra durante la noche. El tiempo es una expresión objetiva del estado cambiante de la materia. Esto se revela incluso en cómo hablamos de ello. Es común decir que el tiempo fluye. De hecho, sólo pueden fluir los materiales fluidos. La propia elección de la metáfora demuestra que el tiempo es inseparable de la materia. No es sólo algo subjetivo; es un proceso real que existe en el mundo físico. El tiempo es sólo una expresión del hecho de que la materia existe en un estado de *cambio constante*. El destino y la necesidad de todas las cosas materiales es cambiar para convertirse en algo diferente de lo que eran. "Todo lo que existe merece perecer".

Existe un sentido del ritmo subyacente en todas las cosas: el latido del corazón humano, los movimientos de las estrellas y los planetas, el flujo y reflujo de las mareas, la alternancia de las estaciones. Todo esto está profundamente marcado en la conciencia humana no como imaginaciones arbitrarias, sino como fenó-

menos reales que expresan una verdad profunda sobre el universo. Aquí la intuición humana no se equivoca. El tiempo es una manera de expresar cambio de estado y movimiento, que son características inseparables de la materia en todas sus formas. En el lenguaje tenemos los tiempos presente, pasado y futuro. Esta conquista colosal de la mente permitió al género humano liberarse de la esclavitud del momento, elevarse por encima de las situaciones concretas y estar presente no sólo aquí y ahora, sino en el pasado y en el futuro, al menos mentalmente.

Tiempo y movimiento son conceptos inseparables. Son esenciales para toda la vida y todo el conocimiento del mundo, incluidas cada manifestación del pensamiento y la imaginación. Las mediciones, el pilar básico de la ciencia, serían imposibles sin tiempo ni espacio. La música y la danza se basan en el tiempo. El propio arte intenta transmitir un sentido de tiempo y movimiento, que están presentes no sólo como meras representaciones físicas, sino como diseño. Los colores, formas y líneas de una pintura guían el ojo a través de la superficie en un ritmo y tiempo particular. Esto es lo que da lugar a la sensación, la idea, la emoción transmitida por el arte. Intemporal es una palabra que se utiliza frecuentemente para describir obras de arte, pero en realidad expresa lo contrario de lo que se pretende. No podemos concebir la ausencia de tiempo en la medida en que el tiempo está presente en todas las cosas.

Existe una diferencia entre tiempo y espacio. El espacio también expresa cambio, como el cambio de posición. La materia existe y se mueve a través del espacio. Pero la cantidad de maneras en que esto puede suceder es infinita: adelante, atrás, arriba o abajo, y en cualquier medida. El movimiento en el espacio es *reversible*. El movimiento en el tiempo es *irreversible*. Son dos maneras diferentes (y de hecho contradictorias) de expresar la misma propiedad fundamental de la materia: el cambio. Este es el único Absoluto que existe.

El espacio es el "otro" de la materia, para utilizar la terminología de Hegel, mientras que el tiempo es el proceso por medio del cual la materia (o la energía, que es lo mismo) se transforma constantemente. Normalmente se percibe el tiempo, "el fuego en el que todos nos consumimos", como un agente destructivo. Pero es igualmente la expresión de un proceso permanente de autocreación, por medio del cual la materia está constantemente transformándose en un número infinito de formas. Este proceso se puede ver bastante claramente en la materia inorgánica, sobre todo en el nivel subatómico.

La noción de cambio, expresada en el discurrir del tiempo, penetra profundamente la conciencia humana. Es la base del elemento trágico en la literatura, el sentimiento de tristeza por el pasar de la vida, que llega a su expresión más bella en los sonetos de Shakespeare, como este que transmite vívidamente un sentido del movimiento incesante del tiempo:

> *Tal como avanzan las olas hacia la pedregosa orilla,*
> *así nuestros minutos se apresuran hacia su fin;*
> *cada uno intercambiando sitio con aquel que va delante,*
> *en afanosa secuela todos tienden a avanzar.*

El tiempo no es irreversible para los seres humanos en exclusiva. Las estrellas y galaxias también nacen y mueren. El cambio afecta a todo, pero no sólo en el sentido negativo. Junto a la muerte hay vida, y el orden surge espontáneamente del caos. Las dos caras de la contradicción son inseparables. Sin muerte, la propia vida sería imposible. Cada persona no sólo es consciente de sí misma, sino también de la negación de sí misma, de sus límites. Venimos de la naturaleza y volvemos a ella.

Los mortales comprendemos que, como seres finitos, nuestras vidas tienen que acabar en la muerte. Como el Libro de *Job* nos recuerda: "El hombre, nacido de mujer, / corto de días y harto de tormentos. / Como la flor, brota y se marchita, / y huye como la sombra sin pararse"[89]. Los animales no temen su muerte de la misma manera porque no tienen conocimiento de ella. Los seres humanos han intentado escapar a su destino estableciendo una comunión privilegiada con una existencia sobrenatural imaginaria después de la muerte. La idea de la vida eterna está presente de una u otra manera en casi todas las religiones. Es la fuerza motriz de la búsqueda egoísta de una inmortalidad imaginaria en un Cielo inexistente que nos tiene que consolar del valle de lágrimas de esta tierra pecadora. Así, durante incontables siglos se ha adoctrinado a hombres y mujeres en la resignación ante el sufrimiento y las privaciones en la Tierra, en espera de una vida paradisíaca... cuando se mueran.

Que todo *individuo* se tiene que morir es bien sabido. En el futuro, la vida humana se prolongará más allá de su duración "natural", pero seguirá teniendo un final. Pero lo que es cierto para cada persona concreta no lo es para la especie. Seguimos vivos a través de nuestros hijos, en las memorias de nuestros amigos y en la contribución que hacemos al bien de la humanidad. Esta es la única inmortalidad a la que se nos permite aspirar. Las generaciones pasan, pero son sustituidas por otras nuevas, que desarrollarán y enriquecerán la actividad y el conocimiento humanos. La humanidad puede conquistar la Tierra y alargar sus brazos hacia el cielo. La auténtica búsqueda de la inmortalidad se realiza en este proceso sin fin de desarrollo y perfección humanos, en la medida en que hombres y mujeres se crean de nuevo a un nivel superior. El máximo objetivo que nos podemos fijar, por tanto, no es un paraíso imaginario en el más allá, sino la lucha para conseguir las auténticas condiciones sociales para construir un paraíso en este mundo.

Desde nuestras experiencias más primitivas, hemos llegado a comprender la importancia del tiempo. Por lo tanto no es sorprendente que algunos hayan pensado que el tiempo era una mera ilusión, una invención de la mente. Esta opinión ha persistido hasta nuestros días. De hecho, la idea de que el tiempo y el cambio son meras ilusiones no es nueva. Está presente en las religiones más antiguas, como el budismo, y también en filosofías idealistas como las de Pitágoras, Platón y Plotino. La aspiración del budismo es llegar al nirvana, un estado en el que el

89. *Libro de Job* (14-1).

tiempo deja de existir. Fue Heráclito, el padre de la dialéctica, el que entendió correctamente el carácter del tiempo y el cambio cuando escribió que "todo es y no es porque todo fluye" y "nos metemos y no nos metemos en la misma corriente porque somos y no somos".

La idea del cambio como algo cíclico es un producto de una sociedad agrícola totalmente dependiente del paso de las estaciones. El estilo de vida estático enraizado en el modo de producción de las primeras sociedades encontró su expresión en filosofías estáticas. La Iglesia católica no podía tolerar la cosmología de Copérnico y Galileo debido a que desafiaba el punto de vista existente sobre el mundo y la sociedad. Sólo el desarrollo de la industria bajo el capitalismo destrozó los viejos y lentos ritmos de la vida campesina, aboliendo en la producción no sólo la diferencia entre las estaciones, sino incluso entre el día y la noche, en la medida en que las máquinas funcionan veinticuatro horas al día, siete días a la semana, cincuenta y dos semanas al año, bajo el brillo de la luz artificial. El capitalismo ha revolucionado los medios de producción, y con ellos la mente de hombres y mujeres. Sin embargo, el progreso de ésta ha demostrado ser mucho más lento que el de los medios de producción. El conservadurismo de la mente se demuestra en el intento constante de aferrarse a las ideas anticuadas, a las viejas certidumbres pasadas de moda y, en última instancia, a la vieja esperanza de una vida después de la muerte.

La idea de que el universo tiene que tener un principio y un final ha sido revivida en las últimas décadas por la teoría cosmológica del *big bang*, que conduce inexorablemente a un ser sobrenatural que crea el mundo de la nada según un plan insondable y lo mantiene en funcionamiento tanto tiempo como Él considera necesario. La vieja cosmología religiosa de Moisés, Isaías, Tertuliano y del *Timeo* de Platón resurge increíblemente en los escritos de algunos de los cosmólogos y físicos teóricos modernos. Esto no es ninguna novedad. Cada sistema social que entra en una fase de declive irreversible siempre presenta su propia decadencia como el fin del mundo o, mejor, como el fin del universo. Sin embargo, el universo sigue funcionando indiferente al destino de esta o aquella formación social temporal en la Tierra. El género humano continúa viviendo, luchando y, a pesar de todo, desarrollándose y progresando. De tal manera que cada período parte de un nivel superior que el precedente. Y, en principio, este proceso no tiene límite.

TIEMPO Y FILOSOFÍA

Los antiguos griegos tenían una comprensión mucho más profunda que la actual del significado del tiempo, el espacio y el movimiento. Además de Heráclito, el gran dialéctico de la antigüedad, también los grandes filósofos de Elea (Parménides y Zenón) llegaron a una concepción muy científica de estos fenómenos. Los atomistas griegos ya plantearon una imagen del universo que no necesitaba

ningún Creador, ni principio ni final. Generalmente el espacio y la materia se consideran opuestos, como reflejan los conceptos de "lleno" y "vacío". En la práctica, sin embargo, el uno no puede existir sin la otra. Se presuponen, determinan, limitan y definen recíprocamente. La unidad de espacio y materia es la más fundamental de todas las unidades de contrarios. Esto ya lo comprendieron los atomistas griegos, que concebían el mundo como compuesto sólo de dos elementos: los "átomos" y el "vacío". En esencia, esta visión del universo es correcta.

En la historia de la filosofía, el relativismo ha existido en muchas ocasiones. Los sofistas consideraban que "el hombre es la medida de todas las cosas". Ellos fueron los relativistas por excelencia. Negando la posibilidad de la verdad absoluta, se inclinaron hacia el *subjetivismo* extremo. Hoy en día los sofistas tienen mala prensa, pero en realidad representaron un paso adelante en la filosofía. Aunque en sus filas había muchos charlatanes, también había un número de dialécticos de talento, como Protágoras. La dialéctica del sofismo se basaba en la idea correcta de que *la verdad tiene muchas caras*. Una cosa puede tener muchas propiedades. Es necesario ser capaz de ver un fenómeno desde diferentes ángulos. Para el pensador no dialéctico, el mundo es un lugar muy sencillo, compuesto de cosas que existen por separado las unas de las otras. Cada cosa tiene una existencia sólida en el tiempo y el espacio. Está delante de mí "aquí" y "ahora". Sin embargo, si lo vemos más de cerca, estas palabras tan familiares no son más que abstracciones unilaterales.

Aristóteles estudió con rigor y profundidad el espacio, el tiempo y el movimiento. Escribió que sólo hay dos cosas imperecederas: tiempo y cambio, que él, correctamente, considera *idénticos:* "Sin embargo, es imposible que el movimiento se pueda generar o perecer, tiene que haber existido siempre. Tampoco el tiempo puede empezar a existir o cesar, porque no puede haber un 'antes' ni un 'después' donde no hay tiempo. El movimiento, por tanto, es también continuo, en el sentido en que lo es el tiempo, porque el tiempo es la misma cosa que el movimiento o un atributo de éste; por lo tanto el movimiento tiene que ser continuo como lo es el tiempo, y si lo es, tiene que ser local y circular". En otra parte afirma: "El movimiento no puede empezar ni cesar: tampoco el tiempo puede empezar ni cesar"[90]. Los filósofos de la Grecia clásica eran mucho más sabios que los que ahora escriben sobre el "principio del tiempo", ¡y sin inmutarse!

El filósofo idealista alemán, Immanuel Kant fue la persona que estudió más completamente la cuestión del tiempo y el espacio después de Aristóteles, aunque sus conclusiones fueron en última instancia insatisfactorias. Todo objeto material es un conjunto de diferentes propiedades. Si dejamos de lado todas esas propiedades concretas, sólo nos quedan dos abstracciones: tiempo y espacio. Kant dio una base filosófica a la idea de que tiempo y espacio son entidades metafísicas realmente existentes, planteando que espacio y tiempo eran "fenomenalmente reales", pero no podían ser conocidos "en sí mismos".

90. Aristóteles, *op. cit*., pp. 342 y 1b.

El tiempo y el espacio son propiedades de la materia y no se pueden concebir separadas de ella. En su *Crítica de la razón pura*, Kant planteó que tiempo y espacio no eran conceptos objetivos deducidos de observaciones de objetos materiales, sino que eran algo innato. De hecho, todo los conceptos de la geometría se derivan de observaciones de objetos materiales. Uno de los logros de la teoría de la relatividad general de Einstein fue precisamente desarrollar la geometría como una ciencia empírica, cuyos axiomas se deducen de mediciones reales y difieren de los axiomas de la geometría euclidiana clásica, que incorrectamente se suponía eran productos puros de la razón deducidos únicamente de la lógica.

Kant intentó justificar sus afirmaciones en la sección de *Crítica de la razón pura* conocida como las *Antinomias*, que trata de los fenómenos contradictorios del mundo real, incluidos el tiempo y el espacio. Las cuatro primeras antinomias (cosmológicas) kantianas tratan esta cuestión. Kant tuvo el mérito de plantear la existencia de estas contradicciones, pero su explicación fue incompleta. Le tocó al gran dialéctico Hegel resolver la contradicción en su *Ciencia de la Lógica*.

Durante todo el siglo XVIII, la ciencia estuvo dominada por las teorías de la mecánica clásica, y un hombre puso su sello a toda esta época. El poeta Alexander Pope resume la actitud aduladora de los contemporáneos de Newton en este verso:

> *La naturaleza y sus leyes estaban en la oscuridad:*
> *Dios dijo 'que sea Newton', e hízose la luz.*

Newton concebía el tiempo como fluyendo por una línea continua en todas partes. Incluso si no hubiese materia, habría un marco espacial y el tiempo fluiría "a través" de él. El marco espacial absoluto de Newton se suponía lleno de un supuesto éter a través del que fluían las ondas lumínicas. Newton pensaba que el tiempo era como un enorme "contenedor" dentro del cual todo existía y cambiaba. En esta idea se concibe el tiempo como si tuviese una existencia separada y aparte del universo natural. El tiempo existiría aunque no existiese el universo. Esto es característico del método mecánico (e idealista), que concebía tiempo, espacio, materia y movimiento como cosas absolutamente separadas. En realidad, es imposible separarlas.

La física newtoniana estaba condicionada por la mecánica, que en el siglo XVIII era la ciencia más avanzada. También era conveniente para la nueva clase dominante porque presentaba una visión del universo esencialmente estática, intemporal y no cambiante, en el que todas las contradicciones eran suavizadas; ni saltos bruscos ni revoluciones, sino una armonía perfecta en la que antes o después todo volvía a su equilibrio, de igual forma que el Parlamento británico había alcanzado un equilibrio satisfactorio con la monarquía bajo el reinado de Guillermo de Orange. El siglo XX ha destruido sin piedad esta visión del mundo. El viejo mecanicismo estático y rígido ha sido desplazado. La nueva ciencia se caracteriza por el cambio incesante, la velocidad increíble y contradicciones y paradojas a todos los niveles.

Newton distinguía entre un tiempo absoluto y el tiempo "común, aparente y relativo", como el de los relojes terrenales. El *tiempo absoluto* era una escala ideal de tiempo que simplificaba las leyes de la mecánica. Estas abstracciones de tiempo y espacio fueron ideas muy poderosas que hicieron avanzar enormemente nuestra comprensión del universo. Se mantuvieron como absolutas durante largo tiempo. Sin embargo, examinadas más de cerca, las "verdades absolutas" de la mecánica newtoniana clásica resultaron ser... relativas. Eran ciertas *sólo dentro de ciertos límites*.

Newton y Hegel

Las teorías mecanicistas que dominaron la ciencia durante los doscientos años posteriores a Newton fueron seriamente desafiadas en el campo de la biología por los descubrimientos revolucionarios de Charles Darwin. La teoría de la evolución demostró que la vida podía originarse y desarrollarse sin necesidad de intervención divina, siguiendo las leyes de la naturaleza. A finales del siglo XIX, Ludwig Boltzmann desarrolló la idea de la "flecha del tiempo" en la segunda ley de la termodinámica. Esta imagen sorprendente ya no presenta el tiempo como un ciclo sin fin, sino como una *flecha* que se mueve en una sola dirección. Esta teoría asume que el tiempo es real y que el universo está en un proceso de cambio continuo, como Heráclito había predicho.

Casi medio siglo antes de que los trabajos de Darwin marcasen una época, Hegel se había anticipado a este y a muchos otros descubrimientos de la ciencia moderna. Desafiando decididamente las afirmaciones de la mecánica newtoniana dominante, Hegel adelantó una visión dinámica del mundo basada en los procesos y en el *cambio a través de contradicciones*. Las brillantes anticipaciones de Heráclito fueron transformadas por Hegel en un sistema completamente elaborado de pensamiento dialéctico. Sin duda, si se hubiera tomado más en serio a Hegel el avance de la ciencia habría sido mucho más rápido.

La grandeza de Einstein fue ir más allá de estas abstracciones y poner en evidencia su carácter relativo. El aspecto relativo del tiempo sin embargo no es nuevo. Ya Hegel lo analizó profundamente. En su *Fenomenología del espíritu* explica el contenido relativo de palabras como "aquí" o "ahora". Estas ideas, que parecen bastante simples y llanas, se vuelven muy complejas y contradictorias: "A la pregunta '¿qué es el Ahora?' respondemos, por ejemplo, el Ahora es la noche. Para probar la veracidad de esta certidumbre de los sentidos sólo se necesita un simple experimento: escribir esta verdad. Una verdad no puede perder nada por ser escrita, tan poco como lo que pierde porque la preservemos y mantengamos. Si miramos de nuevo la verdad que hemos escrito, mirémosla *ahora, a mediodía*, tendremos que decir que se ha hecho vieja y está caduca"[91].

91. Hegel, *Phenomenology of Mind*, p. 151.

Es muy simple rechazar a Hegel (o a Engels) porque sus escritos sobre ciencia estaban necesariamente limitados por el estado real de la ciencia de su época. Sin embargo, lo sorprendente es lo avanzados que eran en realidad los puntos de vista hegelianos. En su libro *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature* (Orden en el caos: El nuevo diálogo del hombre con la naturaleza), Ilya Prigogine, premio Nobel de Química en 1977, e Isabelle Stengers explican cómo Hegel rechazó el método mecánico de la física clásica en un momento en el que las ideas de Newton eran universalmente sacrosantas:

"La filosofía hegeliana de la naturaleza incorpora sistemáticamente todo lo que la ciencia newtoniana niega. En concreto, se basa en la diferencia cualitativa entre el simple comportamiento descrito por la mecánica y el comportamiento de entidades más complejas, como los seres vivos. Niega la posibilidad de reducir estos niveles, rechazando la idea de que las diferencias son simplemente aparentes y que la naturaleza es básicamente homogénea y simple. Afirma la existencia de una jerarquía, en la que cada nivel presupone a los que le preceden"[92].

Hegel escribió desdeñosamente sobre las supuestas verdades absolutas de la mecánica newtoniana. Fue el primero en someter el punto de vista mecánico del siglo XVIII a una profunda crítica, a pesar de que las limitaciones de la ciencia de su tiempo no le permitieron desarrollar una alternativa acabada. Para Hegel, cada cosa infinita era *mediata*, es decir, relativa a otra cosa. Es más, esta relación no era meramente una yuxtaposición formal, sino un proceso vivo: todo estaba *limitado, condicionado y determinado por todo lo demás*. Así, causa y efecto sólo se pueden delimitar en relaciones aisladas (como las de la mecánica clásica), pero no si vemos las cosas como procesos, en los cuales todo es el resultado de *interrelaciones e interacciones universales*.

El tiempo es el modo de existencia de la materia. La matemática y la lógica formal no pueden tratar realmente el tiempo más que como una mera *relación cuantitativa*. No hay duda de la importancia de las relaciones cuantitativas para comprender la realidad, en la medida en que cada cosa finita se puede tratar desde un punto de vista cuantitativo. Sin comprender las relaciones cuantitativas, la ciencia sería imposible. Pero por sí mismas no pueden expresar correctamente la complejidad de la vida y del movimiento, el proceso incesante de cambio en el que desarrollos suaves y graduales dan paso súbitamente a transformaciones caóticas.

Las relaciones puramente cuantitativas, utilizando la terminología de Hegel, presentan los procesos reales de la naturaleza "sólo en una forma paralizada, detenida"[93]. El universo es un todo infinito con movimiento propio que se establece por sí mismo, y que contiene vida en sí mismo. El movimiento es un fenómeno contradictorio que contiene tanto lo positivo como lo negativo. Este es uno de los postulados fundamentales de la dialéctica, que se acerca más a la auténtica naturaleza de las cosas que los axiomas de la matemática clásica.

---

92. I. Prigogine e I. Stengers, *op. cit*., p. 89.
93. Hegel, *Phenomenology of Mind*, p. 104.

Sólo en la geometría clásica es posible concebir un espacio completamente vacío. Es otra abstracción matemática, que juega un papel importante pero que sólo representa la realidad de forma aproximada. Esencialmente, la geometría *compara diferentes magnitudes espaciales*. Contrariamente a lo que pensaba Kant, las abstracciones matemáticas no son apriorísticas e innatas, sino que se derivan de observaciones del mundo material. Hegel demuestra que los griegos ya habían comprendido las limitaciones de una descripción puramente cuantitativa de la naturaleza, y comenta:

"Cuánto más habían progresado en el pensamiento que aquellos que en nuestros días —cuando algunos ponen, en lugar de determinaciones de pensamiento, números y determinaciones de números (como las potencias) que se acercan a infinitamente grandes e infinitamente pequeñas, uno dividido entre infinito y otras determinaciones de este tipo, que frecuentemente son un formalismo matemático pervertido— vuelven a su infantilismo impotente en busca de algo elogiable e incluso de algo completo y profundo"[94].

Estas líneas son incluso más apropiadas hoy en día que cuando fueron escritas. Es realmente inaudito que ciertos astrónomos y matemáticos, tras hacer las afirmaciones más increíbles sobre la naturaleza del universo sin el más mínimo intento de demostrarlas con hechos, luego apelen como autoridad a la supuesta belleza y simplicidad de sus ecuaciones finales. El culto a las matemáticas es mayor en la actualidad que en cualquier otro momento desde Pitágoras, que pensaba que "todas las cosas son Números". Y, al igual que con Pitágoras, hay insinuaciones místicas. La matemática deja aparte todas las determinaciones *cualitativas* excepto el *número*. Ignora el contenido real y aplica sus reglas externamente a las cosas. Ninguna de estas abstracciones tiene una existencia real. Sólo el mundo material existe. Frecuentemente se pasa por alto este hecho, con resultados desastrosos.

Relatividad

Albert Einstein fue indudablemente uno de los grandes genios de nuestro tiempo. Completó una revolución científica entre la edad de 21 y 38 años, con profundas repercusiones a todos los niveles. Los dos grandes avances fueron la teoría de la relatividad especial (1905) y la teoría de la relatividad general (1915). La primera estudia las grandes velocidades y la segunda, la gravedad.

A pesar de su carácter extremadamente abstracto, las teorías de Einstein se derivaron en última instancia de experimentos y tuvieron exitosas aplicaciones prácticas que confirmaron repetidamente su corrección. Einstein partió del famoso experimento Michelson-Morley —"el mayor experimento negativo de la historia de la ciencia", según J. D. Bernal—, que dejó al descubierto una contra-

94. Hegel, *Science of Logic*, vol. 1, p. 229.

dicción interna de la física del siglo XIX. Este experimento intentaba generalizar la teoría electromagnética de la luz demostrando que la velocidad aparente de la luz dependía de la velocidad a la que viajara el observador a través del "éter" supuestamente fijo. Al final no se encontraron diferencias de velocidad, independientemente de la velocidad a la que estuviese viajando el observador.

Más tarde, J. J. Thomson demostró que la velocidad de los electrones en campos eléctricos altos era menor que la predicha por la física newtoniana clásica. La teoría de la relatividad especial resolvió estas contradicciones de la física del XIX. La vieja física era incapaz de explicar el fenómeno de la radiactividad. Einstein la explicó como la liberación de una pequeña parte de la enorme cantidad de energía atrapada en la materia inerte

En 1905, Einstein desarrolló su teoría de la relatividad especial en el tiempo libre que le dejaba su trabajo de escribiente en una oficina suiza de patentes. Partiendo de los descubrimientos de la nueva mecánica cuántica, demostró que la luz viaja a través del espacio en paquetes de energía ("cuantos"). Esto entraba claramente en contradicción con la teoría ondulatoria de la luz previamente aceptada. De hecho, Einstein revivió la antigua teoría corpuscular de la luz pero de una manera totalmente nueva. Aquí la luz era vista como un nuevo tipo de partícula, con un carácter contradictorio, mostrando a la vez propiedades de partícula y de onda. Esta teoría sorprendente hizo posible conservar todos los grandes descubrimientos de la óptica del XIX, incluidos los espectroscopios y las ecuaciones de Maxwell. Pero acabó de una vez por todas con la idea de que la luz necesita un vehículo especial, el éter, para viajar a través del espacio.

La relatividad especial parte de la base de que la velocidad de la luz en el vacío siempre tendrá el mismo valor, independientemente de la velocidad relativa de la fuente de luz respecto al observador. De esto se deduce que la velocidad de la luz es la máxima velocidad posible en el universo. Además, la relatividad especial plantea que masa y energía son equivalentes. Esto es una impresionante confirmación del postulado filosófico fundamental del materialismo dialéctico: el carácter inseparable de materia y energía, la idea de que el movimiento ("energía") es el modo de existencia de la materia.

El descubrimiento de la ley de la equivalencia de masa y energía se expresa en la famosa ecuación $E = mc^2$, que revela la enorme cantidad de energía encerrada en el átomo. Esta es la fuente de toda la energía concentrada en el universo. E representa la energía, m representa la masa y c es la velocidad de la luz. El valor real de c^2 es 900 trillones de centímetros por segundo. Es decir, que la conversión de un gramo de energía encerrada en la materia produciría la asombrosa cantidad de 900 trillones de ergs. Para poner un ejemplo concreto de lo que esto representa, la energía contenida en un solo gramo de materia equivale a la generada al quemar 2.000 toneladas de gasolina.

Masa y energía no son simplemente "intercambiables", como se pueden cambiar pesetas por dólares. Son la misma sustancia, que Einstein caracterizó como "masa-energía". Esta idea es mucho más profunda y va mucho más allá del viejo

concepto mecánico en el que, por ejemplo, la fricción se transforma en calor. Aquí, la materia es simplemente una forma concreta de energía "condensada" y toda otra forma de energía (incluida la luz) tiene una masa asociada. Por eso es totalmente incorrecto decir que la materia "desaparece" cuando se transforma en energía.

Las leyes de Einstein desplazaron la vieja ley de la conservación de la masa, elaborada por Lavoisier, que dice que la materia, entendida como masa, no se puede crear ni destruir. De hecho, toda reacción química que libera energía convierte una pequeña cantidad de masa en energía. Esto no se podía medir en el tipo de reacciones químicas conocidas en el siglo XIX, como quemar carbón. Pero las reacciones nucleares liberan suficiente energía como para revelar una pérdida mensurable de masa. Toda la materia, incluso en reposo, contiene asombrosas cantidades de energía. Sin embargo, en la medida en que esto no se puede observar, no fue comprendido hasta que Einstein lo explicó.

Lejos de cuestionar el materialismo, la teoría de Einstein lo reafirma. En lugar de la vieja ley mecánica de la "conservación de la masa", tenemos la mucho más científica y general ley de la *conservación de la masa-energía*, expresada de una manera universal e inquebrantable en la primera ley de la termodinámica. La masa no desaparece, sino que se convierte en energía. La cantidad total de masa-energía sigue siendo la misma. No se puede crear ni destruir un solo átomo de materia. La segunda idea se refiere al carácter especial de la velocidad de la luz como límite: ninguna partícula puede viajar más rápido que la luz, dado que, cuando se aproxima a esa velocidad crítica, su masa se acerca al infinito, de tal manera que cada vez es más difícil ir a más velocidad. Estas ideas parecen extrañas y difíciles de comprender, desafían las asunciones del "profundo sentido común". La relación entre el "sentido común" y la ciencia fue resumida por el científico soviético profesor L. D. Landau en las siguientes líneas:

"El llamado sentido común no representa más que una simple generalización de las nociones y hábitos que han surgido de nuestra vida cotidiana. Es un nivel determinado de comprensión que refleja un nivel concreto de experimento. (...) La ciencia no tiene miedo de chocar con el llamado sentido común. Sólo tiene miedo del desacuerdo entre las ideas existentes y hechos experimentales nuevos, y, si ocurre un desacuerdo de este tipo, la ciencia destroza implacablemente la idea que había creado previamente y eleva nuestro conocimiento a un nivel superior"[95]. ¿Cómo puede ser que un objeto en movimiento aumente su masa? Esta noción contradice nuestra experiencia diaria. Una peonza no gana masa visiblemente mientras gira. De hecho sí que la gana, pero en una cantidad tan infinitesimal que se puede descartar a efectos prácticos. Los efectos de la relatividad especial no se pueden observar en los fenómenos cotidianos. Sin embargo, en condiciones extremas, por ejemplo a velocidades muy altas, acercándose a la de la luz, los efectos de la relatividad empiezan a entrar en juego.

95. Landau y Romer, *What is Relativity?*, pp. 36-37.

Einstein predijo que la masa de un objeto en movimiento se incrementaría a velocidades muy altas. Esta ley se puede ignorar cuando se trata de velocidades normales. Sin embargo, las partículas subatómicas se mueven a velocidades de casi 10.000 millas por segundo, o más, y a esas velocidades aparecen los efectos de la relatividad. Los descubrimientos de la mecánica cuántica demostraron la corrección de la teoría de la relatividad especial no sólo cuantitativamente, sino también cualitativamente. Un electrón gana masa cuando se mueve a 9/10 de la velocidad de la luz; es más, la ganancia de masa es 3'16 veces, exactamente la predicha por la teoría de Einstein. Desde entonces, la relatividad especial ha sido comprobada muchas veces y hasta el momento siempre ha dado resultados correctos. Los electrones surgen de un poderoso acelerador de partículas 40.000 veces más pesados que al principio. La masa extra representa la energía del movimiento.

En esa gama de velocidades, el incremento de masa se hace notar. Y la física moderna trata precisamente con velocidades extremadamente altas, como la velocidad de las partículas subatómicas, que se acerca a la de la luz. Aquí ya no se pueden aplicar las leyes de la mecánica clásica, que sí describen adecuadamente los fenómenos de la vida cotidiana. Para el sentido común, la masa de un objeto nunca cambia. Por lo tanto, una peonza girando tiene el mismo peso que una que esté quieta. Así, se estableció una ley que plantea que la masa es constante, independientemente de la velocidad.

Más tarde se demostró que esa ley era incorrecta. Se descubrió que la masa aumenta con la velocidad. Pero en la medida en que el aumento sólo es apreciable a velocidades cercanas a la de la luz, la consideramos constante. La ley correcta sería: "Si un objeto se mueve con una velocidad menor a 100 millas por segundo, la masa es constante dentro de un margen de una millonésima parte". Para observaciones cotidianas podemos asumir que la masa es constante independientemente de la velocidad. Pero a altas velocidades esto es falso, y cuanto más alta sea la velocidad, más falsa es la afirmación. Como el pensamiento basado en la lógica formal, se acepta como válido a efectos prácticos. Feynman plantea:

"*Filosóficamente estamos completamente equivocados* con las leyes aproximadas. Nuestra imagen completa del mundo debe alterarse incluso si la masa cambia solamente un poco. Esto es un asunto muy peculiar de la filosofía o de las ideas que hay detrás de las leyes. Incluso un efecto muy pequeño requiere a veces profundos cambios en nuestras ideas"[96].

Las predicciones de la relatividad especial han demostrado corresponderse con hechos observados. Los científicos descubrieron en un experimento que los rayos gamma podían producir partículas atómicas, transformando la energía de la luz en materia. También se descubrió que la energía mínima necesaria para crear una partícula depende de su energía en reposo, tal y como había predicho Eins-

96. Feynman, *op. cit*., vol. 1, pp. 1-2.

tein. De hecho, no se producía una partícula, sino *dos*: la partícula y su opuesto, la "antipartícula". En el experimento de los rayos gamma, tenemos un electrón y un antielectrón (positrón). También se produce el proceso contrario: cuando un positrón se encuentra con un electrón se aniquilan el uno al otro, produciendo rayos gamma. De esta manera, la energía se transforma en materia y la materia en energía. El descubrimiento de Einstein proporcionó la base para una comprensión mucho más profunda del funcionamiento del universo. La fuente de la inmensa reserva de energía del Sol, un misterio durante siglos, resultó ser... la propia materia. El imponente poder de la energía encerrada en la materia se reveló al mundo en agosto de 1945, en Hiroshima y Nagasaki. Y todo esto está encerrado en la fórmula engañosamente simple $E = mc^2$.

La teoría de la relatividad general

La relatividad especial es plenamente adecuada cuando tratamos con un objeto que se mueve a una velocidad constante y en una misma dirección respecto al observador. Sin embargo, en la práctica, el movimiento nunca es constante. Siempre hay fuerzas que provocan variaciones en la velocidad y la dirección de los objetos en movimiento. En la medida en que las partículas subatómicas se mueven a velocidades enormes en distancias muy cortas, no tienen tiempo para acelerarse mucho y se puede aplicar la relatividad especial. Sin embargo, en el movimiento de los planetas y las estrellas, la relatividad especial es insuficiente por las grandes aceleraciones provocadas por los inmensos campos gravitatorios. Una vez más, es un caso de cantidad y calidad. En el nivel subatómico, la gravedad es insignificante en comparación con otras fuerzas y puede ser ignorada. Por el contrario, en el mundo cotidiano se pueden ignorar todas las demás fuerzas excepto la gravedad.

Einstein intentó aplicar la relatividad al movimiento en general, no sólo al movimiento constante. Así llegó a la teoría de la relatividad general, que trata de la gravedad. Marca una ruptura no sólo con la física clásica de Newton, con su universo absoluto, sino también con la igualmente absoluta geometría clásica de Euclides. Einstein demostró que la geometría euclidiana sólo se aplicaba al "espacio vacío", una abstracción ideal. En realidad, el espacio no es "vacío". El espacio es inseparable de la materia. Einstein mantuvo que el propio espacio está condicionado por la presencia de cuerpos materiales. En su teoría general, esta idea se expresa por la afirmación aparentemente paradójica de que cerca de cuerpos muy pesados el espacio se "curva".

El universo real, es decir, material no es como el mundo de la geometría euclidiana, con círculos perfectos, líneas absolutamente rectas, etc. El mundo real está lleno de irregularidades. No es recto, sino precisamente "torcido". Por otro lado, el espacio no es algo que existe aparte y separado de la materia. La curvatura del espacio es sólo otra manera de expresar la curvatura de la materia que

"llena" el espacio. Por ejemplo, se ha demostrado que los rayos de luz se doblan bajo la influencia de los campos gravitatorios de los cuerpos espaciales.

La teoría de la relatividad general tiene un carácter esencialmente geométrico, pero esta geometría es totalmente diferente de la geometría clásica euclidiana. Por ejemplo, en la geometría euclidiana las líneas paralelas nunca se encuentran ni divergen y los ángulos de un triángulo siempre suman 180º. El *espacio-tiempo* de Einstein (desarrollado en primer lugar por el matemático ruso-alemán Hermann Minkowski, uno de los maestros de Einstein, en 1907) representa una síntesis del espacio tridimensional (altura, anchura y profundidad) con el tiempo. Esta geometría cuatridimensional trata con superficies curvadas (el espacio-tiempo curvo). Aquí, los ángulos de un triángulo pueden no sumar 180º y las líneas paralelas pueden cruzarse o divergir.

En la geometría euclidiana, como señala Engels, nos encontramos con toda una serie de abstracciones que no se corresponden en absoluto con el mundo real: un punto adimensional que se convierte en una línea recta, que a su vez se convierte en una superficie perfectamente llana, etc. Entre ellas, la más vacía de las abstracciones: el "espacio vacío". El espacio, a pesar de lo que pensase Kant, no puede existir sin algo que lo llene, y este algo es precisamente la materia (o energía, que es lo mismo). *La geometría del espacio está determinada por la materia que contiene*. Este es el auténtico significado del "espacio curvo". Es simplemente una manera de expresar las propiedades reales de la materia. Las metáforas inadecuadas de las popularizaciones de Einstein —"piensa en el espacio como una hoja de goma", "piensa en el espacio como un cristal"— sólo confunden el tema. En realidad, la idea que siempre debemos tener en mente es la *unidad indisoluble de tiempo, espacio, materia y movimiento*. En el momento en que nos olvidamos de esta unidad, inmediatamente nos deslizamos hacia la idealización mística.

Si concebimos el espacio como una *cosa en sí*, espacio vacío, como en Euclides, claramente no se puede curvar. Es "nada". Pero, como planteó Hegel, no hay nada en el universo que no contenga a la vez ser y no ser. El espacio y la materia no son fenómenos diametralmente opuestos y mutuamente excluyentes. El espacio contiene materia y la materia contiene espacio. Son completamente inseparables. El universo es precisamente la unidad dialéctica de la materia y el espacio. En el sentido más profundo, la teoría de la relatividad general transmite esta idea dialéctica de la unidad de espacio y materia. De la misma manera, en matemáticas el cero no representa la nada, sino que expresa una cantidad real y juega un papel determinante.

Einstein presenta la gravitación como una propiedad del espacio, más que como una "fuerza" que actúa sobre los cuerpos. Según este punto de vista, el espacio se curva en presencia de materia. Esta es una manera bastante singular, y abierta a serias malinterpretaciones, de expresar la unidad de materia y espacio. Los atomistas griegos plantearon que los átomos existían en el "vacío". Pero un vacío total no es nada. Entendido como "espacio vacío", el espacio no se podría

curvar. Es imposible concebir el espacio sin materia, forman una unidad inseparable. La materia sin espacio es lo mismo que el espacio sin materia. Lo que estamos considerando es una determinada relación entre ambos. Espacio y materia son opuestos que se presuponen, definen y limitan recíprocamente y que no pueden existir el uno sin el otro.

La teoría general de la relatividad sirvió al menos para explicar un fenómeno que la mecánica newtoniana clásica no podía explicar. En la medida en que el planeta Mercurio se acerca a su punto más cercano al Sol, sus revoluciones muestran una irregularidad peculiar, anteriormente atribuida a perturbaciones provocadas por la gravedad de otros planetas. Sin embargo, incluso teniéndolas en cuenta, no se podía explicar el fenómeno. La desviación de la órbita de Mercurio alrededor del Sol ("perihelio") era muy pequeña, pero lo suficiente como para poner patas arriba los cálculos de los astrónomos. La teoría de la relatividad general de Einstein predijo que el perihelio de cualquier cuerpo rotatorio tendría un movimiento más allá del prescrito por las leyes de Newton. Esto se demostró para Mercurio y más tarde también para Venus.

También predijo que un campo gravitatorio doblaría los rayos de luz. De esta manera, un rayo de luz que pasase cerca de la superficie del Sol se curvaría respecto a la línea recta en 1'75 segundos de arco. En 1919, una observación astronómica de un eclipse de Sol lo demostró. La brillante teoría de Einstein se había comprobado en la práctica. Fue capaz de explicar el desplazamiento aparente en la posición de las estrellas cerca del Sol por la curvatura de sus rayos.

Newton desarrolló las leyes que rigen el movimiento de los objetos, según las cuales la fuerza de la gravedad depende de la masa. También planteó que cualquier fuerza ejercida sobre un objeto produce una aceleración inversamente proporcional a la masa del objeto. La resistencia a la aceleración se llama inercia. Todas las masas se miden, bien a través de los efectos gravitatorios o de los efectos de la inercia. La observación directa ha demostrado que la masa inercial y la masa gravitatoria, de hecho, son idénticas dentro de un margen de una billonésima parte. Einstein empezó su teoría de la relatividad general asumiendo que ambas masas eran exactamente iguales porque en esencia son lo mismo.

Las estrellas, aparentemente inmóviles, se mueven a velocidades enormes. Las ecuaciones cósmicas de Einstein, de 1917, implicaban que el universo no era fijo todo el tiempo, sino que se podía estar expandiendo. Las galaxias se alejan de nosotros a velocidades de unas 700 millas por segundo. Las estrellas y galaxias están cambiando constantemente, apareciendo y desapareciendo. El universo es el vasto escenario en que se representa el drama de la muerte y el nacimiento de estrellas y galaxias por toda la eternidad. ¡Esto sí que son acontecimientos revolucionarios! Galaxias que explotan, supernovas, choques catastróficos entre estrellas, agujeros negros con una densidad miles de millones más grande que la de nuestro sol devorando golosamente cúmulos enteros de estrellas. Estas cosas sobrepasan con creces las creaciones más imaginativas de la poesía.

RELACIONES ENTRE LAS COSAS

Muchas nociones son de carácter puramente relativo. Por ejemplo, si se nos pregunta si una calle está a la derecha o a la izquierda de una casa, es imposible responder. Depende de la dirección y el sentido en que nos estemos moviendo respecto a la casa. Por otra parte, es posible hablar de la orilla derecha de un río porque la corriente determina los sentidos de su curso. De igual manera, se puede decir que los coches van por la derecha porque su movimiento singulariza uno de los dos posibles sentidos de la calle. Sin embargo, en todos estos ejemplos, las nociones de "derecha" e "izquierda" son *relativas*, dado que sólo adquieren significado después de saberse la dirección y el sentido que las definen.

De la misma manera, si preguntamos si es de día o de noche, la respuesta dependerá de dónde estemos. En Madrid es de día, pero en Ciudad de México es de noche. Noche y día son nociones relativas determinadas por nuestra posición en el globo. Un objeto parecerá más grande o más pequeño dependiendo de su distancia al punto de observación. "Arriba" y "abajo" también son nociones relativas, que cambiaron cuando se descubrió que la Tierra es redonda y no llana. Incluso hoy en día es difícil de aceptar para el "sentido común" que la gente en Australia pueda caminar "boca abajo". Sin embargo, no hay contradicción si entendemos que la noción de verticalidad es relativa. A efectos prácticos podemos considerar que la superficie de la Tierra es "llana" y que, por tanto, todas las verticales son paralelas si nos referimos, por ejemplo, a dos casas de la misma ciudad. Pero cuando nos referimos a distancias mucho más grandes, que impliquen toda la superficie de la Tierra, nos encontramos con que el intento de utilizar verticales absolutas nos lleva a absurdos y contradicciones.

Por extensión, la posición de un cuerpo planetario es necesariamente relativa a la posición de los demás. Es imposible fijar la posición de un objeto sin hacer referencia a otros objetos. La noción de "desplazamiento" de un cuerpo en el espacio significa que ha cambiado su posición respecto a otros objetos. Una serie de importantes leyes de la naturaleza son de carácter relativista, por ejemplo el principio de la relatividad del movimiento y la ley de la inercia. Esta última afirma que un objeto sobre el que no actúen fuerzas externas sólo puede estar en un estado de descanso o de movimiento rectilíneo uniforme. Esta ley física fundamental fue descubierta por Galileo.

En la práctica sabemos que los objetos sobre los que no se aplica ninguna fuerza externa tienden a estar en reposo, al menos en la vida cotidiana. En el mundo real no puede haber una ausencia total de fuerzas externas actuantes sobre un cuerpo. Fuerzas como la fricción actúan sobre él hasta detenerlo. Sin embargo, mejorando constantemente las condiciones del experimento, es posible acercarse cada vez más a las condiciones ideales planteadas por la ley de la inercia y, de esta manera, demostrar que es válida incluso para los movimientos

que observamos en la vida cotidiana. Las teorías de Einstein expresan perfectamente el aspecto *relativo* (cuantitativo) del tiempo y lo transmiten mucho más profundamente que las teorías clásicas de Newton.

La gravedad no es una "fuerza", sino una *relación* entre objetos reales. A un hombre que cae de un edificio muy alto le parece que la Tierra "se le echa encima". Desde el punto de vista de la relatividad, esta observación no es incorrecta. Sólo adoptando el concepto mecánico y unilateral de "fuerza" veremos este proceso como la gravedad de la Tierra atrayendo al hombre hacia abajo, en lugar de ver que es una interacción entre dos cuerpos. Para condiciones "normales", la teoría de la gravedad de Newton está de acuerdo con Einstein. Pero en condiciones extremas, están en completo desacuerdo. La teoría general de la relatividad contradice la teoría de Newton de la misma manera que la dialéctica contradice la lógica formal. Y, hasta la fecha, la evidencia demuestra que tanto la relatividad como la dialéctica son correctas.

Como explicó Hegel, toda medida es en realidad la descripción de una comparación. Por tanto, para poder comparar tiene que existir un patrón que no se pueda comparar con nada excepto consigo mismo. En general, sólo podemos entender las cosas comparándolas con otras. Esto expresa el concepto dialéctico de interrelaciones universales. Analizar las cosas en su movimiento, desarrollo y relaciones es precisamente la esencia del método dialéctico. Es justamente la antítesis del pensamiento mecánico (el método "metafísico", en el sentido en que Marx y Engels utilizaron esta palabra), que observa las cosas como estáticas y absolutas. Este era precisamente el defecto del viejo punto de vista newtoniano del universo, que a pesar de todos sus logros nunca escapó a la unilateralidad que caracteriza la visión mecánica del mundo.

Las propiedades de un objeto no son el resultado de sus relaciones con otros objetos, pero sólo se pueden manifestar en sus relaciones con ellos. Hegel ponía como ejemplo de categorías dialécticamente relacionadas las de amo y esclavo. El concepto de relatividad es un concepto importante y ya había sido desarrollado completamente por Hegel en el primer volumen de su obra maestra *Ciencia de la Lógica*. Lo podemos ver, por ejemplo, en instituciones sociales como la *realeza*:

"Los espíritus ingenuos", observó Trotsky, "piensan que el título de rey reside en el rey mismo, en su capa de armiño y en su corona, en su carne y en sus huesos. En realidad, el título de rey es una interrelación entre individuos. El rey es rey solamente porque los intereses de millones de personas se reflejan a través de su persona. Cuando el flujo del desarrollo barre estas interrelaciones, el rey parece ser solamente un hombre gastado, con un labio inferior fláccido. Aquel que en otro tiempo se llamó Alfonso XIII podría hablarnos sobre esto de sus frescas impresiones.

"El jefe por voluntad del pueblo se diferencia del jefe por la voluntad de Dios en que el primero está obligado a despejarse el camino o, por lo menos, a ayudar a las circunstancias para que se lo despejen. Sin embargo, el jefe es siempre una

relación entre individuos, la oferta individual para satisfacer la demanda colectiva. La controversia sobre la personalidad de Hitler se hace tanto más agria cuanto más se busca en él mismo el secreto de su triunfo. Entretanto, sería difícil encontrar otra figura política que sea, en la misma medida, el punto de convergencia de fuerzas históricas anónimas. No todo pequeño burgués exasperado podía haberse convertido en Hitler, pero en cada pequeño burgués exasperado hay una partícula de Hitler"[97].

En *El capital*, Marx muestra cómo el trabajo humano concreto se convierte en el medio para expresar el trabajo humano abstracto. Es la forma bajo la que se manifiesta su opuesto, el trabajo humano abstracto. El valor no es una cosa material que se pueda derivar de las propiedades físicas de una mercancía. De hecho, es una abstracción de la mente. No por ello es una invención arbitraria. Es la expresión de un proceso objetivo y está determinado por la cantidad de fuerza de trabajo socialmente necesaria para producir la mercancía. De la misma manera, el tiempo es una abstracción que, aunque no se puede ver ni oír ni tocar y sólo se puede *expresar* como medida relativamente, denota un proceso físico objetivo.

Espacio y tiempo son abstracciones que nos permiten medir y comprender el mundo material. Toda medición está referida al espacio y el tiempo. La gravedad, las propiedades químicas, el sonido, la luz, todo lo analizamos desde estos dos puntos de vista. De esta manera, la velocidad de la luz es 300.000 kilómetros por segundo y el sonido se determina por el número de vibraciones por segundo. El sonido de un instrumento de cuerda, por ejemplo, se determina por el tiempo en que ocurren un determinado número de vibraciones y los elementos espaciales (longitud y grosor) del cuerpo vibrante. La armonía, que apela a los sentimientos estéticos de la mente, es también otra manifestación de una ratio, medición, y por lo tanto tiempo.

El tiempo sólo se puede *expresar* de manera relativa, al igual que la magnitud valor de una mercancía sólo se puede expresar en relación con otras mercancías. Sin embargo, el valor es intrínseco a las mercancías y el tiempo es una característica objetiva de la materia. La idea de que el tiempo es subjetivo, es decir, una ilusión de la mente humana, es una reminiscencia del prejuicio de que el dinero es meramente un *símbolo*, sin significado objetivo. Cada vez que se intentó poner en práctica la idea de "desmonetarizar" el oro, que partía de esta falsa premisa, se provocó inflación. En el Imperio Romano estaba prohibido tratar el dinero como una mercancía y su valor se fijaba por decreto. El resultado fue una constante depreciación de la moneda. Un fenómeno similar ha tenido lugar en el capitalismo moderno, especialmente desde la Segunda Guerra Mundial. En economía, como en cosmología, la confusión de la *medición* con la naturaleza de la cosa en sí lleva al desastre en la práctica.

97. Trotsky, *La lucha contra el fascismo en Alemania*, p. 355.

La medición del tiempo

Mientras que definir el tiempo es difícil, medirlo no lo es. Los propios científicos no *explican* qué es, sino que se limitan a su *medición*. De la mezcla de estos dos conceptos surge una confusión infinita. Así, Feynman dice:

"Puede ser que sea igualmente bueno que enfrentemos el hecho que el tiempo es una de las cosas que probablemente no podemos definir (en el sentido del diccionario), y sólo decir que es lo que ya sabemos que es: ¡es cuanto esperamos! De todos modos, lo que realmente importa no es definir el tiempo, sino cómo medirlo"[98].

La *medición* del tiempo requiere necesariamente unos puntos de referencia, al igual que cualquier fenómeno que acarree cambio con el tiempo, como la rotación de la Tierra o el movimiento de un péndulo. La rotación diaria de la Tierra sobre su eje nos da una escala de tiempo. La desintegración de los elementos radiactivos se puede utilizar para medir intervalos de tiempo largos. La medida del tiempo implica un elemento subjetivo. Los egipcios dividían el día y la noche en doce partes. Los sumerios tenían un sistema numérico de base 60, y por lo tanto dividían la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos. El metro se definió como la diez millonésima parte de la distancia del polo al ecuador terrestre (aunque esto no es estrictamente exacto). El centímetro es la centésima parte de un metro, y así sucesivamente. A principios de este siglo, la investigación del mundo subatómico llevó al descubrimiento de dos unidades de medida naturales: la velocidad de la luz y la constante de Planck, que no son directamente masa, longitud o tiempo, sino la unidad de todas ellas.

Una convención internacional definió el metro como la distancia entre dos marcas en una barra que se guarda en un laboratorio de Francia. Más recientemente se vio que esta definición no era tan precisa como sería necesario, ni tan permanente y universal como sería de desear. Actualmente se ha adoptado una nueva definición, un número arbitrario de longitudes de onda de una línea del espectro en concreto. Por otra parte, la medición del tiempo varía según la escala y la extensión de la vida de los objetos en estudio.

Está claro que el concepto de tiempo variará según el marco de referencia. Un año en la Tierra no es lo mismo que un año en Júpiter. Ni tampoco la idea de tiempo y espacio es la misma para un ser humano que para un mosquito con una vida de unos pocos días o para una partícula subatómica con una vida de una billonésima parte de segundo (asumiendo, por supuesto, que estas entidades pudieran tener cualquier tipo de concepto). A lo que nos estamos refiriendo es a cómo se percibe el tiempo en diferentes contextos. Si aceptamos un marco de referencia dado, lo percibiremos de manera diferente. Esto incluso se puede ver en cierta medida en la práctica. Por ejemplo, los métodos normales de medición del tiempo no se pueden aplicar a la medición de la dura-

98. Feynman, *op. cit.*, vol. 1, 5-2.

ción de la vida de las partículas subatómicas, y hay que utilizar escalas diferentes para medir el tiempo geológico.

Desde este punto de vista, se puede decir que el tiempo es relativo. La medición implica necesariamente relaciones. El pensamiento humano contiene conceptos que son esencialmente relativos, por ejemplo magnitudes como "grande" y "pequeño". Un hombre es pequeño comparado con un elefante, pero grande en comparación con una hormiga. Pequeño y grande en sí mismos no tienen ningún significado. Una millonésima de segundo, en términos ordinarios, parece una cantidad de tiempo muy corta, pero en el ámbito subatómico es extremadamente larga. En el otro extremo, un millón de años es una cantidad de tiempo muy corta en cosmología.

Todas las ideas sobre espacio, tiempo y movimiento dependen de nuestras observaciones de las relaciones y cambios en el mundo material. Sin embargo, la medición del tiempo varía sustancialmente cuando consideramos diferentes tipos de materia. La medición del espacio y el tiempo está referida obligatoriamente a algo (la Tierra, el Sol o cualquier otro punto estático) con lo que se puedan relacionar los acontecimientos del universo. Ahora bien, está claro que la materia del universo sufre diferentes tipos de cambios: cambio de posición, que a su vez implica diferentes velocidades, cambio de estado, que implica diferentes estados de energía, nacimiento, decadencia y muerte, organización y desorganización, y muchas otras transformaciones, todas ellas mensurables en términos de tiempo.

En Einstein, tiempo y espacio no son considerados como aislados, y de hecho es imposible considerarlos "cosas en sí". Einstein defendió que el tiempo depende del movimiento de un sistema y que los intervalos de tiempo cambian de tal manera que la velocidad de la luz dentro del sistema dado no varía con el movimiento. Las escalas espaciales también están sujetas a cambios. Las viejas teorías newtonianas clásicas siguen siendo válidas para la vida cotidiana, e incluso como una buena aproximación al funcionamiento general del universo. La mecánica newtoniana se aplica a una amplia gama de ciencias, no sólo la astronomía, sino también ciencias prácticas como la ingeniería. A bajas velocidades se pueden ignorar los efectos de la relatividad especial. Por ejemplo, el error que implicaría el considerar el movimiento de un avión a 250 millas por hora sería del orden de la diez mil millonésima parte de un uno por ciento. Sin embargo, más allá de ciertos límites ya no se pueden aplicar. Al tipo de velocidades que nos encontramos en los aceleradores de partículas, por ejemplo, hay que tener en cuenta las predicciones de Einstein de que la masa no es constante sino que aumenta con la velocidad.

La vida extremadamente corta de ciertas partículas subatómicas no se puede expresar adecuadamente con nuestra noción cotidiana de la medición del tiempo. Un mesón pi, por ejemplo, tiene una vida de tan sólo 10^{-16} segundos antes de desintegrarse. De igual manera, el período de una vibración nuclear o la vida de una extraña partícula de resonancia son de 10^{-24} segundos, aproximadamente el

tiempo que tarda la luz en cruzar el núcleo de un átomo de hidrógeno. Los períodos de tiempo muy cortos, por ejemplo 10^{-12} segundos, se miden con un osciloscopio. Tiempos incluso más cortos se pueden medir con técnicas de rayo láser. En el otro extremo de la escala, largos períodos de tiempo se pueden medir con un "reloj" radiactivo.

En cierto sentido, cada átomo del universo es un reloj, debido a que absorbe y emite luz (es decir, ondas electromagnéticas) con una frecuencia precisa y definida. Desde 1967, el estándar de tiempo reconocido oficialmente se basa en un reloj atómico (de cesio). Un segundo se define como 9.192.631.770 vibraciones de radiación de microondas de los átomos de cesio-133 en una determinada ordenación atómica. Incluso este reloj altamente preciso no es absolutamente perfecto. Se toman diferentes lecturas de relojes atómicos en unos 80 países diferentes y se llega a un acuerdo, dando más peso a los relojes más regulares. De esta manera es posible llegar a una medida precisa del tiempo de hasta una millonésima de segundo al día, o incluso menos.

A efectos de la vida cotidiana, la medición "normal" del tiempo, basada en la rotación de la Tierra y el movimiento aparente del Sol y las estrellas, es suficiente. Pero para toda una serie de operaciones en el campo de la alta tecnología, como ciertas ayudas de navegación por radio a barcos y aviones, deja de ser adecuada, provocando serios errores. En esos niveles se empiezan a dejar sentir los efectos de la relatividad. Se ha demostrado que los relojes atómicos van más lentos situados en la superficie terrestre que a grandes altitudes, donde el efecto de la gravedad es menor. Un reloj atómico volando a 30.000 pies de altura ganó tres mil millonésimas de segundo en una hora. Esto confirma la predicción de Einstein con un margen de error del uno por ciento.

Problema no resuelto

La teoría especial de la relatividad fue uno de los grandes avances de la ciencia. Revolucionó hasta tal punto la visión del universo, que ha sido comparada con el descubrimiento de que la Tierra es redonda. Se han podido dar avances gigantescos debido a que la relatividad estableció un método de medición mucho más preciso que las viejas leyes newtonianas, a las que desplazó parcialmente. Sin embargo, la cuestión filosófica del tiempo no ha sido eliminada por la teoría de la relatividad de Einstein. De hecho, hoy es más aguda que nunca. Como ya hemos comentado, existe un elemento subjetivo, e incluso arbitrario, en la *medición* del tiempo. Pero esto no lleva a la conclusión de que el tiempo es una cosa puramente subjetiva. Einstein dedicó toda su vida a la búsqueda de las leyes objetivas de la naturaleza. La cuestión es si las leyes de la naturaleza, incluido el tiempo, son las mismas para todos independientemente de la posición en que estemos y la velocidad a la que nos movamos. Sobre esta cuestión, Einstein vaciló. En algunos momentos parecía aceptarla, pero en otros la rechazaba.

Los procesos objetivos de la naturaleza no están determinados por el hecho de que los observemos o no. Existen en y por sí mismos. El universo, y por lo tanto el tiempo, existía antes de que los seres humanos lo observaran y continuará existiendo mucho tiempo después de que no haya humanos para preocuparse de él. El universo material es infinito, eterno y está en constante cambio. Sin embargo, para que la mente humana pueda comprender el universo infinito, es necesario trasladarlo a términos finitos, analizarlo y cuantificarlo de tal manera que pase a ser una realidad para *nosotros*. La manera de observar el universo no lo cambia (a no ser que implique procesos físicos que interfieran con lo que se está observando). Pero la manera en que se nos aparece sí puede cambiar. Desde nuestro punto de vista, la Tierra parece en reposo. Pero a un astronauta en órbita le parece que está viajando a gran velocidad. Se dice que Einstein, que por lo visto tenía un sentido del humor muy seco, una vez sorprendió a un revisor preguntándole: "¿A qué hora para Oxford en este tren?".

Einstein estaba decidido a reescribir las leyes de la física de tal manera que las predicciones siempre fuesen correctas, independientemente de los movimientos de los diferentes cuerpos o los "puntos de vista" que de ellos se derivasen. Desde el punto de vista de la relatividad, el movimiento rectilíneo uniforme es indistinguible del estado de reposo. Cuando dos objetos se cruzan a una velocidad constante, es tan posible decir que A se cruza con B como que B se cruza con A. De esta manera llegamos a la aparente contradicción de que la Tierra está en reposo y moviéndose al mismo tiempo. En el ejemplo del astronauta, "tiene que ser simultáneamente correcto decir que la Tierra tiene gran energía de movimiento y que no tiene energía ni movimiento; el punto de vista del astronauta es tan válido como el de los sabios en la Tierra"[99].

Aunque parece una cosa sencilla, la medición del tiempo presenta un problema debido a que tiene que ser comparado con algo. Si existe un tiempo absoluto, entonces éste tiene que fluir, y por lo tanto tiene que poder medirse con relación a algún otro tiempo, y así hasta el infinito. Sin embargo, es importante que nos demos cuenta de que este problema solamente se presenta con la *medición* del tiempo. La cuestión filosófica de su *naturaleza* no se ve afectada. A efectos prácticos de medición y cálculo, es esencial que se defina un marco de referencia específico. Debemos conocer la posición del observador relativo y del fenómeno observado. La teoría de la relatividad demuestra que afirmaciones del tipo de "en un mismo lugar" y "al mismo tiempo" no tienen de hecho ningún significado.

La teoría de la relatividad implica una contradicción. Presupone que la simultaneidad es relativa a un sistema de referencia. Si un sistema de referencia se está moviendo respecto a otro, entonces los acontecimientos que son simultáneos en el primero no lo son en el segundo, y viceversa. Este hecho, que no encaja con el sentido común, ha sido demostrado experimentalmente. Desgraciadamente puede

99. N. Calder, *Einstein's Universe*, p. 22.

llevar a una interpretación idealista del tiempo, por ejemplo con la afirmación de que puede haber una variedad de "presentes". Es más, se puede considerar el futuro como cosas y procesos que "pasan a ser", como sólidos cuatridimensionales que tienen un "segmento temporal".

A no ser que se resuelva esta cuestión, se pueden cometer todo tipo de errores: por ejemplo, la idea de que el futuro ya existe y que se materializa repentinamente en el "ahora" de la misma manera que una roca sumergida aparece de repente cuando una ola rompe contra ella. De hecho, tanto pasado como futuro se combinan en el presente. El futuro es *ser en potencia*. El pasado es lo que ya ha sido. El "ahora" es la unidad de ambos. Es el ser *real* como opuesto al ser potencial. Precisamente por esta razón sentimos pesar del pasado y miedo del futuro, y no al revés. El sentimiento de pesar surge de darse cuenta, y lo corrobora toda la experiencia humana, de que el pasado está perdido para siempre, mientras que el futuro es incierto y está formado por una gran cantidad de estados potenciales.

Benjamin Franklin dijo en una ocasión que sólo hay dos cosas seguras en esta vida: la muerte y los impuestos. Y los alemanes tienen el proverbio *Man muss nur sterben* (Uno sólo ha de morir), queriendo decir que todo lo demás es opcional. Por supuesto que esto no es cierto. Hay muchas más cosas inevitables aparte de la muerte o, incluso, los impuestos. De un número infinitamente grande de estados potenciales, en la práctica sabemos que sólo un cierto número son realmente posibles. De estos, incluso menos son probables en un momento dado. Y de estos, al final, sólo uno surgirá en realidad. La tarea de las diferentes ciencias es descubrir la manera exacta en que se despliega este proceso. Pero esta tarea será imposible si no aceptamos que los acontecimientos y procesos se desarrollan en el tiempo y que el tiempo es un fenómeno objetivo que expresa el hecho más fundamental de todas las formas de la materia y la energía: el cambio.

El mundo material está en un estado de cambio constante, y por lo tanto "es y no es". Esta es la proposición fundamental de la dialéctica. Filósofos como el británico Alfred North Whitehead y el intuicionista francés Henry Begson creían que el flujo del tiempo era un hecho metafísico que sólo se podía comprender con intuición no científica. Filósofos *del proceso* como estos, a pesar de sus insinuaciones místicas, por lo menos tenían razón al afirmar que el futuro es indeterminado y el pasado es inmodificable, fijo y determinado. Es "tiempo condensado". Por otra parte tenemos a los filósofos "de la multiplicidad", que sostienen que los acontecimientos futuros pueden existir, pero que no están suficientemente conectados por leyes con los del pasado. Adoptando un punto de vista filosóficamente incorrecto sobre el tiempo, acabamos en el puro misticismo, como la noción de "multiverso" —un número infinito de universos (si ésta es la palabra correcta, ya que no existen en el espacio "tal como lo conocemos") paralelos que existen simultáneamente (si ésta es la palabra correcta, ya que no existen en el tiempo "tal como lo conocemos")—. Este tipo de confusión es la que surge de la interpretación idealista de la relatividad.

INTERPRETACIONES IDEALISTAS

Había una jovencita llamada Bright
cuya velocidad era más rápida que la luz;
partió algún día de forma relativa
y volvió a casa la noche anterior.
A. Buller, *Punch*, 19 diciembre 1923

Al igual que la mecánica cuántica, la relatividad ha sido utilizada por los que quieren introducir el misticismo en la ciencia. Se utiliza "relatividad" en el sentido de que no podemos conocer realmente el mundo. Como explica Bernal:

"Sin embargo, es igualmente cierto que el efecto del trabajo de Einstein, fuera de los estrechos campos especializados a los que se puede aplicar, fue de mistificación general. Se aferraron a él ardientemente los intelectuales desilusionados después de la Primera Guerra Mundial para ayudarse a no enfrentarse a la realidad. Sólo tenían que utilizar la palabra 'relatividad' y decir 'Todo es relativo' o 'Depende de lo que quieras decir"[100].

Esta es una mala interpretación de las ideas de Einstein. De hecho, la misma palabra "relatividad" es inapropiada. El propio Einstein prefería llamarla *teoría de la invarianza*, que da una idea mucho mejor de lo que quería decir —la idea exactamente opuesta a la idea vulgar de la teoría de la relatividad—. Es completamente falso que para Einstein "todo es relativo". Para empezar, la energía en reposo (es decir, la unidad de materia y energía) es uno de los *absolutos* de la teoría de la relatividad. El límite de la velocidad de la luz es otro. Lejos de una interpretación arbitraria y subjetiva de la realidad, en la que una opinión es tan buena como otra y "todo depende de cómo lo mires", Einstein "descubrió lo que era absoluto y fiable *a pesar* de la confusión aparente, ilusiones y contradicciones producidas por los movimientos relativos o la acción de la gravedad"[101].

El universo existe en un estado de cambio constante. En este sentido, nada es absoluto o eterno. *Lo único absoluto es el movimiento y el cambio, el modo básico de existencia de la materia*, algo que Einstein demostró de manera concluyente en 1905. Tiempo y espacio, como modos de existencia de la materia, son fenómenos objetivos. No son simplemente abstracciones o nociones arbitrarias inventadas por humanos (o dioses) para su propia conveniencia, sino propiedades fundamentales de la materia que expresan su universalidad.

Pero mientras que el espacio es tridimensional, el tiempo sólo tiene una dimensión. Con perdón de los que hacen películas en las que se puede "regresar al futuro", sólo es posible viajar en un sentido en el tiempo: del pasado al futuro. Hay tantas posibilidades de que un astronauta vuelva a la Tierra antes de nacer o de que un hombre se case con su bisabuela, como de que sea cierta cualquiera de

100. J. D Bernal, *Science in History*, pp. 527-28.
101. N. Calder, *op. cit*., p. 13.

las otras entretenidas pero ridículas fantasías de Hollywood. El tiempo es *irreversible*, todos los procesos materiales se desarrollan del pasado al futuro. El tiempo es simplemente una manera de expresar el movimiento real y el estado cambiante de la materia. Materia, movimiento, tiempo y espacio son inseparables.

La limitación de la teoría de Newton era el considerar espacio y tiempo como dos entidades separadas, una al lado de la otra, independientes de la materia y el movimiento. Hasta el siglo XX, los científicos identificaban el espacio con el vacío ("nada"), que era visto como algo absoluto, una cosa inmutable siempre y en todas partes. Estas abstracciones huecas han sido desacreditadas por la física moderna, que ha demostrado la relación profunda entre tiempo, espacio, materia y movimiento. La teoría de la relatividad de Einstein establece firmemente que el tiempo y el espacio *no* existen en y por sí mismos, aislados de la materia, sino que son parte de una interrelación universal de fenómenos. Esto se transmite con el concepto de un espacio-tiempo integral e indivisible, respecto al cual el espacio y el tiempo son vistos como aspectos relativos. Una idea controvertida es la predicción de que un reloj en movimiento marcaría el tiempo más lentamente que uno estacionario. Sin embargo, es importante entender que este efecto sólo es apreciable a velocidades increíblemente grandes cercanas a la de la luz.

Si la teoría general de la relatividad de Einstein es correcta, entonces existiría la posibilidad teórica de viajar a distancias inimaginables a través del espacio. Teóricamente sería posible que el ser humano sobreviviese miles de años en el futuro. Toda la cuestión gira alrededor de si los cambios observados en la velocidad de los relojes atómicos se aplican también a la velocidad de la propia vida. Bajo el efecto de una fuerte gravedad, los relojes atómicos corren más deprisa que en el espacio vacío. La cuestión es si las complejas interrelaciones de las moléculas que constituyen la vida se pueden comportar de la misma manera. Isaac Asimov, que algo sabe de ciencia-ficción, escribió: "Si el tiempo realmente se ralentiza con el movimiento, uno podría hacer un viaje incluso a una estrella distante durante su propia vida. Pero, por supuesto, uno tendría que despedirse de su propia generación y volver al mundo del futuro"[102].

El argumento para esto es que la velocidad de los procesos vivos está determinada por la velocidad de la acción atómica. Así, bajo el efecto de una fuerte gravedad el corazón latiría más lentamente y los impulsos cerebrales también se ralentizarían. De hecho, toda energía disminuye en presencia de la gravedad. Si los procesos se ralentizan, también se prolongan más en el tiempo. Si una nave espacial fuese capaz de viajar a velocidades cercanas a la de la luz, se vería el universo pasando como una exhalación, mientras que para los que estuvieran dentro el tiempo continuaría "normal", es decir, a una velocidad mucho menor. La impresión sería que el tiempo de fuera se habría acelerado. ¿Es esto correcto? ¿Estarían *en realidad* viviendo en el futuro respecto a la gente de la Tierra, o no? Einstein parece responder a esta pregunta afirmativamente.

102. I. Asimov, *op. cit*., p. 359.

De especulaciones así surgen todo tipo de ideas místicas, como la de saltar a un agujero negro y aparecer en otro universo. Si existen los agujeros negros, y esto no está definitivamente demostrado, todo lo que habría en el centro serían los restos colapsados de una estrella gigante, no otro universo. Cualquier persona real que entrase sería hecha añicos inmediatamente y convertida en energía pura. Si esto es lo que se considera pasar a otro universo, entonces que los defensores de estas ideas hagan la primera excursión... En realidad esto es pura especulación del tipo más infantil, por entretenido que pueda ser. Toda la idea del "viaje en el tiempo" inevitablemente acaba en una masa de contradicciones, no dialécticas sino absurdas. Einstein estaría sorprendido de las interpretaciones místicas que se hacen de sus teorías, implicando nociones como viajes de ida y vuelta en el tiempo, alterando el futuro y otras tonterías por el estilo. Pero él mismo tiene una parte de responsabilidad por esta situación debido al elemento idealista en su punto de vista, especialmente respecto a la cuestión del tiempo.

Demos por supuesto que un reloj atómico va más rápido a grandes alturas que a ras de suelo debido al efecto de la gravedad. Supongamos que este reloj, cuando vuelve a la Tierra, es una cincuenta mil millonésima más viejo que los relojes equivalentes que se han quedado en ella. ¿Significa esto que un hombre que viajase en el mismo vuelo ha envejecido igualmente? El proceso de envejecimiento depende de la tasa de metabolismo, que está parcialmente influida por la gravedad pero también por muchos otros factores. Es un proceso biológico complejo, y no es fácil ver cómo se podría ver afectado de manera fundamental por la velocidad o por la gravedad, excepto que condiciones extremas de ambas pueden causar daños materiales en organismos vivos.

Si fuera posible ralentizar la tasa de metabolismo en la forma prevista de manera que, por ejemplo, el latido del corazón se redujera a uno cada veinte minutos, el proceso de envejecimiento sufriría supuestamente el correspondiente retraso. De hecho, el metabolismo se puede ralentizar, por ejemplo con la congelación. Pero cabe dudar que ése fuese el efecto de viajar a grandes velocidades, sin matar el organismo. Según la teoría bien conocida, este hombre del espacio, si consiguiese volver a la Tierra, volvería al cabo de, digamos, 10.000 años y, siguiendo con la analogía habitual, presumiblemente estaría en condiciones de casarse con sus propios descendientes remotos. Pero nunca sería capaz de volver a su "propio" tiempo.

Se han hecho experimentos con partículas subatómicas (muones), que indican que partículas que viajan al 99'94% de la velocidad de la luz prolongan su vida unas 30 veces, precisamente lo que predijo Einstein. Pero está por ver si estas conclusiones se pueden aplicar a la materia a gran escala y, en concreto, a la materia viva. Se han cometido muchos errores serios intentando aplicar resultados derivados de una esfera a otra totalmente diferente. En el futuro pueden ser posibles viajes espaciales a grandes velocidades, quizás una décima parte de la velocidad de la luz. A esa velocidad, un viaje de cinco años-luz tardaría cincuenta años (aunque según Einstein serían tres meses menos para los viajeros). ¿Será posible via-

jar a la velocidad de la luz, permitiendo así que los humanos lleguen a las estrellas? Ahora mismo esto parece una perspectiva remota. Pero hace cien años, un mero guiño en la historia, la idea de viajar a la Luna se limitaba a las novelas de Julio Verne.

Mach y el positivismo

> *El objeto, sin embargo, es la auténtica verdad, es la realidad esencial; es independientemente de si es conocido o no; sigue siendo incluso si no es conocido, mientras que el conocimiento no existe si el objeto no está allí.*
>
> Hegel[103]

La existencia de pasado, presente y futuro está profundamente grabada en la conciencia humana. Vivimos ahora, pero podemos recordar acontecimientos pasados y hasta cierto punto prever los futuros. Hay un *antes* y un *después*. Sin embargo algunos filósofos lo ponen en duda. Lo consideran como un producto de la mente, una ilusión. Desde su punto de vista, en ausencia de observadores humanos no existe el tiempo, ni pasado ni presente ni futuro. Este es el enfoque del *idealismo subjetivo*, una visión totalmente irracional y anticientífica que, sin embargo, durante los últimos cien años ha intentado basarse en los descubrimientos de la física, para dar respetabilidad a lo que en esencia es una visión mística del mundo. Parece irónico que la escuela de filosofía con mayor impacto en la ciencia del siglo XX, el positivismo lógico, sea precisamente una rama del idealismo subjetivo.

El positivismo es una visión estrecha que plantea que la ciencia se tendría que limitar a los "hechos observados". Los fundadores de esta escuela eran reacios a referirse a las teorías como verdaderas o falsas, sino que preferían describirlas como más o menos "útiles". Es interesante hacer notar que Ernst Mach, el auténtico padre espiritual del neopositivismo, se oponía a la teoría atomista de la física y la química. Esta era la consecuencia natural del empirismo estrecho de la visión positivista. En la medida en que el átomo no se puede ver, ¿cómo puede ser que exista? En el mejor de los casos lo consideraban como una ficción conveniente, y en el peor, como una inaceptable hipótesis *ad hoc*. Uno de los colaboradores de Mach, Wilhelm Ostwald, ¡intentó derivar las leyes básicas de la química sin la ayuda de la hipótesis atómica!

Boltzmann criticó duramente a Mach y los positivistas, al igual que Max Planck, el padre de la física cuántica. Lenin sometió los puntos de vista de Mach y Richard Avenarius, el fundador de la escuela del empiriocriticismo, a una crítica demoledora en su libro *Materialismo y empiriocriticismo* (1908). Sin embar-

103. Hegel, *The Phenomenology of Mind*, p. 151.

go, las ideas de Mach tuvieron un gran impacto y, entre otros, impresionaron al joven Albert Einstein. Partiendo de la idea de que todas las ideas tienen que sacarse de "lo dado", es decir, de la información proporcionada inmediatamente por nuestros sentidos, pasaron a negar la existencia de un mundo material independiente de la percepción sensorial humana. Mach y Avenarius se referían a los objetos físicos como "complejos de sensaciones". Así, una mesa sería un conjunto de impresiones sensoriales, como dureza, color, masa, etc., sin las que no sería nada. Por lo tanto, la idea de la materia (en el sentido filosófico, es decir, el mundo objetivo trasladado a nosotros en forma de percepciones sensoriales) fue declarada *sin sentido*.

La obsesión con el "observador", que es el hilo conductor de toda la física teórica del siglo XX, se deriva de la filosofía del idealismo subjetivo, de Ernst Mach. Tomando como punto de partida el argumento empírico de que "todo nuestro conocimiento se deriva de la percepción sensorial inmediata", Mach planteó que los objetos no pueden existir independientemente de nuestra consciencia. Llevado a su conclusión lógica, esto quiere decir que el mundo no podría haber existido antes de que hubiera gente presente para observarlo. De hecho no podría haber existido antes de que yo estuviese presente, ya que sólo puedo conocer mis propias sensaciones y, por lo tanto, no puedo estar seguro de que exista otra consciencia. Por tanto, estas ideas llevan directamente al solipsismo, "solamente existo yo". Si cierro los ojos, el mundo deja de existir. Mach atacó la idea de Newton de que tiempo y espacio son entidades absolutas y reales, pero lo hizo desde la posición del idealismo subjetivo. Increíblemente, la escuela más influyente de la filosofía moderna (y la que ha tenido una mayor influencia sobre los científicos) se deriva del idealismo subjetivo de Mach y Avenarius.

Lo importante es que en un principio estos argumentos impresionaron al propio Einstein y dejaron huella en sus primeros escritos sobre la relatividad. Sin duda esto ha ejercido una perniciosa influencia sobre la ciencia moderna. Mientras que Einstein fue capaz de darse cuenta de su error e intentó corregirlo, los que han seguido servilmente a su maestro han sido incapaces de separar el grano de la paja. Como sucede a menudo, los discípulos demasiado fervientes se convierten en dogmáticos. ¡Son más papistas que el Papa! En su autobiografía, Karl Popper demuestra claramente que en sus últimos años Einstein se arrepintió del idealismo subjetivo, u *operacionalismo*, de sus primeros escritos, que requería la presencia de un observador para determinar los procesos naturales:

"Es interesante que el propio Einstein fuese durante años un positivista y operacionalista dogmático. Más tarde rechazó esta interpretación: en 1950 me dijo que de todos los errores que había cometido del que más se lamentaba era de ése. El error asumía una forma realmente seria en su popular libro *Sobre la relatividad especial y general*. Allí dice 'pediría al lector que no siguiese adelante hasta estar convencido de este punto'. El punto es, brevemente, que se tiene que *definir* la simultaneidad —y definirla de manera *operacional*— y que de otra manera 'me permitiría estar decepcionado (...) cuando me imagino que soy capaz de dar un

significado a la afirmación de simultaneidad'. O en otras palabras, un término tiene que ser definido operacionalmente, o *no tiene sentido*. (Aquí tenemos en pocas palabras el positivismo más tarde desarrollado por el Círculo de Viena bajo la influencia del *Tractatus logico-philosophicus* de Wittgenstein, y de una manera muy dogmática)".

Esto es importante porque demuestra que Einstein al final rechazó la interpretación subjetivista de la teoría de la relatividad. Todas las sandeces sobre el "observador" como factor determinante no eran una parte esencial de la teoría, sino meramente un reflejo de un *error filosófico*, como Einstein reconoció francamente. Desgraciadamente, esto no impidió a los seguidores de Einstein basarse en ese error y ampliarlo hasta el punto de que parecía ser uno de los pilares básicos de la relatividad. Aquí encontramos el auténtico origen del idealismo subjetivo de Heisenberg:

"Pero muchos físicos excelentes", continúa Popper, "estaban enormemente impresionados por el operacionalismo de Einstein, que consideraban (como hizo el propio Einstein durante mucho tiempo) parte integrante de la relatividad. Y de esta manera fue como el operacionalismo se convirtió en la inspiración de la comunicación de Heisenberg de 1925 y de su sugerencia ampliamente aceptada de que el concepto del rastro del electrón, o de su clásica 'posición-cum-momento', *no tenía sentido*"[104].

Las leyes de la termodinámica, elaboradas en el siglo XIX y que siguen jugando un papel fundamental en la física moderna, fueron las primeras en demostrar que el tiempo es un fenómeno objetivo que refleja procesos reales en la naturaleza. Estas leyes, especialmente tal y como las desarrollo Boltzmann, establecieron firmemente que el tiempo existe objetivamente y que fluye en una sola dirección, del pasado al futuro. *No se le puede dar la vuelta al tiempo ni tampoco depende de ningún observador*.

Boltzmann y el tiempo

La cuestión fundamental a la que hay que responder es: ¿es el tiempo una característica objetiva del universo? ¿O es sólo algo puramente subjetivo, una ilusión de la mente, o simplemente una manera conveniente de describir cosas con las cuales no guarda ninguna relación? Esta última posición ha sido defendida, en mayor o menor grado, por toda una serie de escuelas de pensamiento, todas ellas estrechamente relacionadas con la filosofía del idealismo subjetivo. Ernst Mach introdujo este subjetivismo en la ciencia. El pionero de la termodinámica, Ludwig Boltzmann, le respondió decisivamente hacia finales del siglo XIX.

Einstein, bajo la influencia de Mach, trató el tiempo como algo subjetivo que dependía del observador, por lo menos al principio, antes de darse cuenta de las

104. K. Popper, *Unended Quest*, pp. 96-97 y 98.

dañinas consecuencias de este enfoque. En 1905, en su comunicación sobre la teoría de la relatividad especial, introdujo la noción de tiempo propio asociado a cada observador separado. Aquí el concepto de tiempo contiene una idea tomada de la física clásica, la de que el tiempo es *reversible*. Esta es una noción bastante extraordinaria y que contradice toda la experiencia. Los directores cinematográficos a veces recurren al truco fotográfico de poner a funcionar la cámara al revés, y así ocurren las cosas más sorprendentes: leche que sube del vaso a la botella, huevos que vuelven a su cáscara, etc. Nuestra reacción a todo esto es reírnos, que es precisamente lo que se pretendía. Nos reímos porque lo que vemos no sólo es imposible, sino también absurdo. Sabemos que los procesos que estamos viendo *no pueden* ser invertidos.

Boltzmann entendió esta idea, y el concepto de tiempo irreversible reside en el centro de su famosa teoría de la flecha del tiempo. Las leyes de la termodinámica representaron un importante avance científico, pero fueron objeto de controversia. Estas leyes no se podían compaginar con las leyes físicas de finales del siglo XIX. La segunda ley no se puede derivar de las leyes de la mecánica, cuántica o no, y de hecho representó una ruptura decisiva con la ciencia física anterior. Las dos primeras leyes de la termodinámica implican la existencia de una magnitud, llamada *entropía*, que se observa en todos los procesos irreversibles y cuya definición se basa en otra propiedad conocida como energía disponible. La noción de una tendencia a la disipación chocaba con la idea asumida de que la tarea esencial de la física era reducir la complejidad de la naturaleza a leyes del movimiento simples. La entropía de un sistema aislado puede permanecer constante o aumentar, pero no disminuir. Una de las consecuencias de esto es que no puede existir una máquina de movimiento perpetuo. La idea de entropía, que en general se entiende como la tendencia de las cosas hacia una mayor desorganización y decadencia con el paso del tiempo, corrobora totalmente lo que la gente siempre ha creído: el tiempo existe objetivamente y es un proceso unidireccional.

Einstein consideraba la idea del tiempo irreversible como una ilusión que no tenía cabida en la física. Según Max Planck, la segunda ley de la termodinámica expresa la idea de que en la naturaleza existe una magnitud que en todos los procesos naturales cambia siempre en el mismo sentido sin depender de ningún observador; es un proceso objetivo. Pero Planck estaba en franca minoría. La inmensa mayoría de los científicos, incluido Einstein, lo atribuían a factores subjetivos. La opinión de Einstein sobre esta cuestión demuestra una de las debilidades centrales de su enfoque, al hacer depender procesos objetivos de un "observador" inexistente. Este sin duda era el punto más débil de toda su visión, y por esta razón es el aspecto más popular entre sus sucesores, que no parecen darse cuenta de que el propio Einstein cambió de idea hacia el final de su vida.

En física y matemática, la expresión del tiempo es *reversible*. A una invariante en el tiempo se le aplican siempre las mismas leyes físicas. Un estado inicial es indistinguible del estado final y el flujo del tiempo no tiene preferencia por ninguna dirección en el caso de interacciones fundamentales. Por ejemplo, una pelí-

cula en la que dos bolas de billar chocan se puede pasar hacia adelante o hacia atrás, sin que se sepa de la secuencia de tiempo real del acontecimiento. Se asumió que lo mismo era cierto para las interacciones subatómicas, pero en 1964 se encontraron pruebas de lo contrario en interacciones nucleares débiles. Durante mucho tiempo se pensó que las leyes fundamentales de la naturaleza eran "simétricas en carga". Por ejemplo, un antiprotón y un positrón se comportan igual que un protón y un electrón. Los experimentos han demostrado que las leyes de la naturaleza son simétricas si se combinan las tres características básicas (carga, paridad y tiempo). Esto se conoce como *invarianza CPT*.

En dinámica, la dirección de una trayectoria dada es irrelevante. Por ejemplo, una bola botando en el suelo volvería a su posición inicial. Por lo tanto cualquier sistema puede ir "hacia atrás en el tiempo" si todos los puntos implicados en él son invertidos. Todos los estados por los que ha pasado anteriormente simplemente se volverían a repetir. En la dinámica clásica, cambios como la inversión del tiempo ($t \rightarrow -t$) o de la velocidad ($v \rightarrow -v$) son tratados como equivalentes matemáticos. Este tipo de cálculos funcionan bien en sistemas simples cerrados, en los que no hay interacciones. En realidad, sin embargo, todo sistema está sujeto a muchas interacciones. Uno de los problemas más importantes de la física es el problema de los "tres cuerpos", por ejemplo, el movimiento de la Luna está influido por el Sol y la Tierra. En la dinámica clásica, un sistema cambia según una trayectoria que viene dada de una vez por todas, de la que nunca se olvida el punto de partida. Las condiciones iniciales determinan la trayectoria en todo momento. Las trayectorias de la física clásica eran simples y deterministas. Pero hay otras trayectorias que no son tan fáciles de trazar, por ejemplo, un péndulo rígido, en el que un trastorno infinitesimal sería suficiente para hacerlo rotar u oscilar.

La importancia del trabajo de Boltzmann fue que estudió la física de los *procesos*, más que la física de las *cosas*. Su mayor logro fue demostrar cómo las propiedades de los átomos (masa, carga, estructura) determinan las propiedades visibles de la materia (viscosidad, conductividad termal, difusión, etc.). Sus ideas fueron atacadas contundentemente durante su vida, pero reivindicadas por los descubrimientos de la física atómica poco después de 1900 y por el descubrimiento de que el movimiento browniano (los movimientos al azar de las partículas microscópicas suspendidas en un fluido) sólo se podían explicar gracias a la mecánica estadística inventada por Boltzmann.

La curva en forma de campana de Gauss describe el movimiento al azar de las moléculas en un gas. Un aumento de la temperatura lleva a un incremento de la velocidad media de las moléculas y de la energía asociada a su movimiento.

Mientras que Clausius y Maxwell estudiaron esta cuestión desde el punto de vista de las trayectorias de las moléculas *individuales*, Boltzmann consideró la *población* de moléculas. Sus ecuaciones cinéticas juegan un papel importante en la física de gases. Fue un avance importante en la física de los procesos. Boltzmann fue un gran pionero que fue tratado como un loco por el *establishment* científico. Al final fue empujado al suicidio en 1906, habiendo sido previamente

obligado a retractarse de su intento de establecer el carácter irreversible del tiempo como una característica objetiva de la naturaleza.

Mientras que en la mecánica clásica los acontecimientos de la película descrita anteriormente son perfectamente posibles, *en la práctica* no lo son. Es posible rebobinar la película, pero no la naturaleza. En la teoría de la dinámica, por ejemplo, tenemos un mundo ideal en el que cosas como la fricción y el choque no existen. En este mundo ideal todas las variables implicadas en un movimiento dado están fijas desde un principio. No puede suceder nada que altere su curso. De esta manera llegamos a una visión del universo totalmente estática, en el que todo se reduce a ecuaciones lineales uniformes. A pesar de los avances revolucionarios que posibilitó la teoría de la relatividad, en el fondo Einstein permaneció atado a la idea de un universo estático y armonioso, lo mismo que Newton.

Las ecuaciones del movimiento de la mecánica newtoniana (o, para el caso, las de la mecánica cuántica) no llevan incluida la irreversibilidad. La segunda ley de la termodinámica predice una tendencia irreversible hacia el desorden. Plantea que la desorganización siempre se incrementa con el paso del tiempo. Hasta hace poco se pensaba que las leyes fundamentales de la naturaleza eran simétricas en el tiempo. El tiempo es asimétrico y se mueve en una sola dirección, del pasado al futuro. Podemos ver fósiles, huellas, fotografías o escuchar grabaciones de cosas del pasado, pero nunca del futuro. Batir los huevos para hacer una tortilla o añadir azúcar y leche a una taza de café es relativamente fácil, pero no lo es invertir estos procesos.

La segunda ley de la termodinámica es la *flecha del tiempo*. Los subjetivistas plantearon que procesos irreversibles como la afinidad química, la conducción de calor o la viscosidad dependerían del "observador". En realidad, son procesos *objetivos* que tienen lugar en la naturaleza, algo que está claro para todo el mundo si piensa en la vida y la muerte. Un péndulo (al menos en un estado ideal) puede volver a su posición inicial. Pero todo el mundo sabe que la vida marcha en una sola dirección: de la cuna a la tumba. Es un *proceso irreversible*. Ilya Prigogine, uno de los principales teóricos del caos, ha prestado mucha atención a la cuestión del tiempo. Cuando empezó a estudiar física en Bruselas, Prigogine recuerda que "estaba sorprendido por el hecho de que la ciencia tuviese tan poco que decir respecto al tiempo, especialmente en la medida en que su educación anterior se había centrado principalmente alrededor de la historia y la arqueología". Prigogine y Stengers escriben sobre el conflicto entre la mecánica clásica (dinámica) y la termodinámica:

"Hasta cierto punto, existe una analogía entre este conflicto y el que dio lugar al materialismo dialéctico. Hemos descrito (...) una naturaleza que podría ser llamada "histórica" —es decir, capaz de desarrollo e innovación—. La idea de una historia de la naturaleza como parte integral del materialismo fue planteada por Marx y, más detalladamente, por Engels. Los desarrollos contemporáneos en la física, el descubrimiento del papel constructivo jugado por la

irreversibilidad, han hecho surgir en las ciencias naturales una cuestión que los materialistas venían planteado desde hace tiempo. Para ellos, comprender la naturaleza significaba comprenderla como capaz de producir al hombre y sus sociedades.

"Es más, cuando Engels escribió su *Dialéctica de la naturaleza*, las ciencias físicas parecían haber rechazado la visión mecanicista del mundo y haberse acercado a la idea de un desarrollo histórico de la naturaleza. Engels menciona tres descubrimientos fundamentales: la energía y las leyes que rigen sus transformaciones cualitativas, la célula como constituyente básico de la vida y el descubrimiento de Darwin de la evolución de las especies. Engels llegó a la conclusión de que la visión mecanicista del mundo había muerto".

Contra la interpretación subjetiva del tiempo, los autores concluyen: "El tiempo fluye en una sola dirección, del pasado al futuro. No podemos manipular el tiempo, no podemos viajar al pasado"[105].

Relatividad y agujeros negros

El punto de vista de Einstein, a diferencia del de Newton, es que la gravedad afecta al tiempo porque afecta a la luz. Un fotón en equilibrio al borde de un agujero negro se quedaría suspendido indefinidamente, sin avanzar ni retroceder, sin perder ni ganar energía. En tal estado, es posible argumentar que "el tiempo se detiene". Este es el argumento de los relativistas que proponen el agujero negro y sus propiedades. Esto se reduce a la idea de que, si cesara todo movimiento, entonces tampoco existiría el cambio de estado o de posición, y por lo tanto no habría tiempo en ningún sentido comprensible de la palabra. Una situación así supuestamente existe al borde de un agujero negro. Sin embargo, parece una interpretación muy especulativa y mística de un fenómeno cuya existencia no está demostrada.

Toda la materia existe en un estado constante de movimiento y cambio. Por tanto, es una completa tautología decir que si la materia y el movimiento se eliminasen tampoco existiría el tiempo. Es lo mismo que decir "si no hay materia, no hay materia" o "si no hay tiempo, no hay tiempo". Es bastante extraño que en la teoría de la relatividad no se pueda encontrar una definición de *tiempo* y *espacio*. Einstein ciertamente se encontró con que eran difíciles de explicar. Sin embargo se acercó bastante cuando explicó la diferencia entre su geometría y la geometría clásica euclidiana. Dijo que nos podríamos imaginar un universo en el que el espacio no estuviese curvado, pero que estaría completamente desprovisto de materia. Esto apunta claramente en la dirección correcta. Después de todo el alboroto de los agujeros negros, es sorprendente ver cómo Einstein ni siquiera mencionó el asunto. Se basó en un método riguroso, principalmente sustentado en matemáticas muy complejas, e hizo predicciones que podían ser verificadas

105. I. Prigogine e I. Stengers, *op. cit*., pp. 10, 252-53 y 277.

mediante la observación y el experimento. La física de los agujeros negros, ante la ausencia de datos empíricos claramente establecidos, tiene un carácter extremadamente especulativo.

A pesar de sus éxitos, todavía existe la posibilidad de que la teoría general de la relatividad sea incorrecta. A diferencia de la teoría de la relatividad especial, no se han hecho muchas pruebas experimentales. No existen pruebas concluyentes, a pesar de que hasta el momento no ha entrado en contradicción con los hechos observados. Incluso no está descartado que en el futuro se demuestre que la afirmación de la relatividad especial de que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz es falsa*.

Se han planteado teorías alternativas a la de la relatividad, por ejemplo la de Robert Dicke. La teoría de Dicke predice una desviación de varios metros de la órbita de la Luna hacia el Sol. Utilizando tecnología láser bastante avanzada, el observatorio McDonald, en Tejas, no encontró ningún rastro de este desplazamiento. Pero no hay razón para pensar que ya se ha dicho la última palabra. Hasta ahora las teorías de Einstein han sido demostradas por diferentes experimentos. Pero la prueba constante en condiciones extremas, más pronto o más tarde revelará un conjunto de condiciones no cubiertas por las ecuaciones, preparando el camino para nuevos descubrimientos que marquen una nueva época. La teoría de la relatividad no puede ser el final de la línea, como no lo fueron la mecánica newtoniana, la teoría del electromagnetismo de Maxwell ni ninguna otra teoría anterior.

Durante doscientos años, las teorías de Newton se tuvieron por absolutamente válidas. Su autoridad no se podía desafiar. Después de su muerte, Laplace y otros las llevaron al absurdo. La ruptura radical con los viejos Absolutos mecanicistas era una condición necesaria para el avance de la física en el siglo XX. La nueva física estaba orgullosa de haber matado el ogro del Absoluto. De repente, el pensamiento era libre de ir a reinos de los que hasta entonces no se había oído hablar. ¡Qué tiempos aquellos! Sin embargo, tanta felicidad no podía durar para siempre. En palabras de Robert Burns:

Pero los placeres son como amapolas:
agarras la flor, y se caen los pétalos.

La nueva física resolvió muchos problemas pero a costa de crear nuevas contradicciones, muchas de las cuales siguen sin resolverse hoy en día. Durante la

* Esta predicción parece haber sido confirmada mucho antes de lo que esperábamos. Antes de enviar el libro a la imprenta, se han publicado informes en la prensa de un experimento de científicos norteamericanos que parece indicar que los fotones pueden viajar más rápido que la velocidad de la luz. El experimento es bastante complicado, basado en un fenómeno peculiar conocido como *túnel cuántico*. Si se demuestra que esto es correcto, sería necesario reelaborar los fundamentos de la relatividad. (Nota de los autores a la edición de 1995).

mayor parte del siglo, la física ha estado dominada por dos teorías imponentes: la relatividad y la mecánica cuántica. Lo que en general no se comprende es que ambas son incompatibles. La teoría general de la relatividad no tiene en cuenta para nada el principio de incertidumbre. Einstein pasó la mayor parte de los últimos años de su vida intentando resolver esta contradicción, pero no lo consiguió.

La teoría de la relatividad fue revolucionaria, como lo fue en su día la mecánica newtoniana. Sin embargo, el destino de estas teorías es convertirse en ortodoxias, sufrir una especie de arterioesclerosis hasta que ya no son capaces de contestar las preguntas que la marcha de la ciencia hace surgir. Durante mucho tiempo, los físicos teóricos se han contentado con basarse en los descubrimientos de Einstein, de la misma manera que la generación anterior se contentaba con poner toda su confianza en Newton. Y de la misma manera, son culpables de la pérdida de reputación de la relatividad general por leer en ella las nociones más absurdas y fantásticas, con las que su autor nunca había soñado.

Singularidades, agujeros negros en los que el tiempo se detiene, "multiversos", un tiempo antes de que empiece el tiempo sobre el que no se deben hacer preguntas... ¡Einstein se debe de estar revolviendo en su tumba! Todo esto se supone que se deduce de la relatividad general, y cualquiera que plantee la más mínima duda se enfrenta inmediatamente con la autoridad del gran Einstein. Esta situación no es mucho mejor que la que existía antes de la relatividad, cuando se utilizaba la autoridad de Newton en defensa de la ortodoxia imperante. La única diferencia es que las nociones fantásticas de Laplace parecen extremadamente sensatas si las comparamos con la maraña incomprensible de algunos físicos actuales. No se puede responsabilizar a Einstein, incluso ni siquiera a Newton, porque a sus sucesores les guste tanto irse por las ramas, llegando a *reducir al absurdo* la teoría original.

Estas especulaciones arbitrarias y sin sentido son la mejor prueba de la necesidad de una revisión profunda del marco filosófico de la física moderna. Porque el problema es de método. No solamente se trata de que no sean capaces de dar respuestas. El problema es que ni siquiera saben cómo hacerse las preguntas correctas. Es una cuestión más filosófica que científica. Si todo es posible, entonces una teoría arbitraria (o, más correctamente, una suposición) es tan correcta como la siguiente. Se ha llevado todo el sistema hasta el borde de un punto de ruptura. Y para encubrir este hecho recurren a un lenguaje místico, en el que la oscuridad de la expresión no puede disfrazar la total ausencia de cualquier contenido real.

Esta situación es claramente intolerable y ha llevado a un sector de científicos a empezar a cuestionarse las afirmaciones básicas sobre las que está funcionando la ciencia. Las investigaciones de David Bohm sobre la teoría de la mecánica cuántica, la nueva interpretación de Ilya Prigogine de la segunda ley de la termodinámica, el intento de Hannes Alfvén de desarrollar una alternativa a la cosmología ortodoxa del *big bang* y, sobre todo, el auge espectacular de la teoría del caos indican la existencia de un fermento en la ciencia. Aunque es demasiado

pronto para predecir el resultado de todo esto, parece lo más probable que estemos entrando en uno de esos períodos emocionantes en la historia de la ciencia en los que surge un punto de vista totalmente nuevo.

En un momento dado, las teorías de Einstein serán sobrepasadas por una teoría más amplia que, conservando todo lo que sea viable, las corregirá y ampliará. En el proceso llegaremos ciertamente a una comprensión más equilibrada y verdadera de las cuestiones relacionadas con la naturaleza del tiempo, el espacio y la causalidad. Esto no significa una vuelta a la vieja física mecánica, de la misma manera que el que ahora podamos conseguir la transmutación de los elementos no significa una vuelta a la alquimia. Como hemos visto, la historia de la ciencia muchas veces implica un retorno aparente a posiciones anteriores, pero a un nivel cualitativamente superior.

Una cosa sí podemos predecir con absoluta confianza: cuando finalmente del marasmo actual surja la nueva física, no habrá lugar para los viajes en el tiempo, multiversos o singularidades que comprendan todo el universo en un único punto sobre el que no se pueden hacer preguntas. Desgraciadamente esto hará mucho más difícil ganar sustanciosos premios en metálico por dar credenciales científicas al Todopoderoso, algo que algunos lamentarán pero que a largo plazo será positivo para el avance de la ciencia.

8. La flecha del tiempo

La segunda ley de la termodinámica

Así es cómo termina el mundo;
no con un estallido, sino con un lloriqueo.
T. S. Elliot

La termodinámica (del griego *therme*, "calor", y *dynamisy*, "fuerza") es la rama de la física que estudia las leyes de la energía calorífica y de las relaciones entre el calor y otros tipos de energía. Se basa en dos principios originariamente deducidos de experimentos, pero que ahora se consideran axiomas. El primero es la ley de la conservación de la energía, que asume la forma de ley de la equivalencia de calor y trabajo. El segundo plantea que el calor no puede pasar de un cuerpo más frío a otro más caliente sin cambios en ningún otro cuerpo.

La ciencia de la termodinámica fue un producto de la revolución industrial. A principios del siglo XIX se descubrió que la energía se puede transformar de diferentes maneras, pero en ningún caso se puede crear ni destruir. Esta es la primera ley de la termodinámica, una de las leyes fundamentales de la física. En 1850, Robert Clausius descubrió la segunda ley de la termodinámica, que plantea que la entropía (es decir, el cociente de la energía de un cuerpo por su temperatura) siempre se incrementa en cualquier transformación de energía, por ejemplo, en una máquina de vapor.

En general se interpreta la entropía como una tendencia general a la desorganización. Toda familia sabe que una casa, sin cuidados, tiende a pasar de un estado de orden al de desorden, especialmente si hay niños. El hierro se oxida, la madera se pudre, la carne se echa a perder, se enfría el agua del baño, en otras palabras, parece haber una tendencia general a la decadencia. Según la segunda ley de la termodinámica, los átomos, sin ninguna intervención externa, se mezclarán y desordenarán entre ellos tanto como sea posible. Las cosas se oxidan debido a que los átomos de hierro tienden a mezclarse con el oxígeno del aire que

les rodea, para formar óxido de hierro. Las moléculas, de movimiento rápido, de la superficie del agua del baño chocan con las del aire frío, de movimiento más lento, y les transfieren su energía.

Esta es una ley con limitaciones, ya que no es aplicable a sistemas compuestos de un pequeño número de partículas (microsistemas) o a sistemas con un número infinito de partículas (el universo). Sin embargo se han hecho repetidos intentos de extender su aplicación más allá de la esfera que le es propia, llevando a todo tipo de conclusiones filosóficas falsas. A mitad del siglo pasado, R. Clausius y W. Thomson, los autores de la segunda ley de la termodinámica, intentaron aplicarla al conjunto del universo, llegando a una teoría completamente falsa conocida como la *muerte térmica del universo*.

Esta ley fue redefinida en 1877 por Ludwig Boltzmann, que intentó deducir la segunda ley de la termodinámica de la teoría atómica de la materia, que por aquel entonces estaba ganando terreno. En la versión de Boltzmann, la entropía aparece como una función de probabilidad más que como un estado dado de la materia: cuanto más probable sea el estado, mayor es su entropía. En esta versión, todos los sistemas tienden a un estado de equilibrio (un estado en el que no hay flujo de energía neto). Por lo tanto, si un objeto caliente está situado al lado de otro objeto frío, la energía (calor) fluirá del caliente al frío hasta que lleguen a un equilibrio, es decir, que ambos tengan la misma temperatura.

Boltzmann fue el primero en estudiar los problemas de la transición del nivel microscópico (a pequeña escala) al macroscópico (a gran escala) en la física. Intentó reconciliar las nuevas teorías de la termodinámica con la física clásica de las trayectorias. Siguiendo el ejemplo de Maxwell, intentó resolver los problemas a través de la teoría de la probabilidad. Esto representó una ruptura radical con los viejos métodos mecanicistas newtonianos. Boltzmann se dio cuenta de que el aumento irreversible en la entropía podía ser visto como una expresión de un creciente desorden molecular. Su principio de orden implica que el estado más probable a disposición de un sistema es aquel en que una multiplicidad de acontecimientos que tienen lugar simultáneamente se anulan los unos a los otros estadísticamente. Puesto que las moléculas se pueden mover al azar, en un momento dado habrá, como media, igual número de moléculas moviéndose en cada dirección.

Existe una contradicción entre energía y entropía. El equilibrio inestable entre las dos está determinado por la temperatura. A bajas temperaturas, la energía domina y podemos observar el surgimiento de estados ordenados (entropía débil) y baja energía, como los cristales, cuyas moléculas están estructuradas. Sin embargo, a altas temperaturas, la entropía prevalece y se expresa a través del desorden molecular. La estructura cristalina se rompe, y tenemos la transición al estado líquido, primero, y al gaseoso, después.

La segunda ley de la termodinámica dice que la entropía de un sistema aislado siempre aumenta y que, cuando se unen dos sistemas, la entropía del sistema combinado es mayor que la suma de las entropías individuales. Sin embargo, esta segunda ley no es como otras leyes de la física, por ejemplo la de la gravedad de

Newton, porque no se puede aplicar siempre. Deducida inicialmente de una esfera concreta de la mecánica clásica, está limitada por la circunstancia de que Boltzmann sólo tuvo en cuenta las colisiones atómicas, sin considerar fuerzas como el electromagnetismo o la gravedad. Esto nos da una visión tan restringida de los procesos físicos, que no se puede considerar de aplicación general, aunque sí es aplicable a sistemas limitados, como los calentadores. Por ejemplo, el movimiento browniano la contradice. En su forma clásica, sencillamente no es válida como ley general del universo.

Se ha planteado que la segunda ley implica que el universo debe tender a un estado de entropía. Por analogía con un sistema cerrado, todo el universo tendría que acabar en un estado de equilibrio con la misma temperatura en todas partes. Las estrellas se quedarían sin combustible, toda la vida cesaría, el universo se agotaría en una amorfa extensión de la nada. Sufriría una muerte térmica. Esta sombría visión del universo entra en abierta contradicción con todo lo que sabemos de su evolución pasada o lo que podemos observar en el presente. La misma noción de que la materia tiende a algún estado de equilibrio absoluto va en contra de la propia naturaleza. Es una visión abstracta y sin vida. Actualmente el universo está lejos de estar en ningún tipo de equilibrio, y tampoco existe el más mínimo indicio de que un estado así haya existido nunca en el pasado o vaya a existir en el futuro. Es más, si la tendencia al aumento de la entropía es permanente y lineal, no está claro por qué el universo no ha acabado hace ya tiempo reducido a una tibia sopa de partículas indiferenciadas.

Este es otro ejemplo de lo que sucede cuando se intenta llevar una teoría científica más allá de los límites en los que tiene una aplicación comprobada. Las limitaciones de los principios de la termodinámica ya se demostraron el siglo pasado en la polémica sobre la edad de la Tierra entre Lord Kelvin, el famoso físico, y los geólogos. Las predicciones de Lord Kelvin, sustentadas en la termodinámica, iban en contra de todo lo conocido sobre la evolución biológica y geológica. Su teoría planteaba que la Tierra debía de haber estado fundida hace tan sólo 20 millones de años. Una gran cantidad de pruebas demostraron que los geólogos estaban en lo cierto.

En 1928, Sir James Jeans, el científico e idealista inglés, recuperó los viejos argumentos sobre la muerte térmica del universo, añadiendo elementos tomados de la teoría de la relatividad de Einstein. Dado que materia y energía son equivalentes, planteó que el universo tendría que acabar con una completa conversión de la materia en energía. "La segunda ley de la termodinámica", profetizó tétricamente, "empuja a la materia del universo a moverse siempre en la misma dirección por el mismo camino, que acaba solamente en muerte y aniquilación"[106].

Más recientemente se han planteado escenarios igualmente pesimistas. Como recoge un libro publicado hace poco: "Por lo tanto, el universo del futuro muy lejano sería una sopa inconcebiblemente diluida de fotones, neutrinos y

106. Citado en E. J. Lerner, *op. cit*., p. 134.

un número cada vez más pequeño de electrones y positrones, todos ellos separándose lentamente entre sí. Por lo que sabemos, nunca más sucederían procesos físicos básicos. No tendría lugar ningún acontecimiento significativo que interrumpiese la sombría esterilidad de un universo que ya ha recorrido su camino y sin embargo se enfrenta a la vida eterna (quizás muerte eterna sería la mejor descripción). Esta imagen lúgubre, oscura, fría, informe, que casi se acerca a la nada es lo más cerca que llega la cosmología moderna a la 'muerte térmica' de la física del siglo XIX"[107].

¿Qué conclusión hay que sacar de todo esto? Si toda la vida y toda la materia del universo están condenadas, ¿para qué preocuparnos de nada? La extensión injustificada de la segunda ley más allá de sus límites de aplicación da lugar a todo tipo de conclusiones filosóficas falsas y nihilistas. De esta manera, Bertrand Russell escribió las siguientes líneas en *Por qué no soy cristiano:*

"Todos los trabajos de los siglos, toda la devoción, toda la inspiración, todo el brillo del mediodía del genio humano están destinados a la extinción en la amplia muerte del sistema solar, y (...) el templo completo de los logros del hombre debe quedar inevitablemente sepultado bajo los escombros de un universo en ruinas; todas estas cosas, si no están más allá de toda discusión, por lo menos son casi tan ciertas que ninguna filosofía que las rechace puede esperar mantenerse. Sólo dentro del andamiaje de estas verdades, sólo sobre los firmes fundamentos de esta terca desesperación puede, de aquí en adelante, construirse con seguridad el habitáculo del alma"[108].

ORDEN EN EL CAOS

En los últimos años, la interpretación pesimista de la segunda ley ha sido desafiada por una teoría totalmente nueva. El premio Nobel belga Ilya Prigogine y sus colaboradores han abierto el terreno a una interpretación radicalmente diferente de las teorías clásicas de la termodinámica. Existen ciertos paralelismos entre las teorías de Boltzmann y las de Darwin. En ambas, un gran número de *fluctuaciones casuales* conducen a un punto de *cambio irreversible*, en un caso en forma de evolución biológica, en el otro en forma de disipación de la energía y evolución hacia el desorden. En termodinámica, el tiempo implica degradación y muerte. Y surge la pregunta: ¿Dónde encaja en todo esto el fenómeno de la vida, con su tendencia inherente a la organización y complejidad crecientes?

La termodinámica afirma que las cosas, dejadas a su suerte, tienden a un incremento de la entropía. En los años 60, Ilya Prigogine y otros se dieron cuenta de que, en el mundo real, átomos y moléculas casi nunca están "dejados a su suerte". Todas las cosas afectan a todas las cosas. Átomos y moléculas están casi siempre

107. P. Davies, *The Last Three Minutes*, pp. 98-99.
108. Citado en Davies, *op. cit*., p. 13.

expuestos al flujo de energía y material del exterior, que si es suficientemente fuerte puede dar la vuelta parcialmente al proceso aparentemente inexorable de desorden planteado en la segunda ley de la termodinámica. De hecho, la naturaleza demuestra en muchos casos no sólo desorganización y decadencia, sino también los procesos opuestos: autoorganización espontánea y crecimiento. La madera se pudre, pero también crecen los árboles. Según Prigogine, las estructuras que se organizan por sí mismas se encuentran por todas partes en la naturaleza. De igual manera, M. Waldrop llega a la siguiente conclusión:

"Un láser es un sistema que se autoorganiza en el que las partículas de luz, fotones, pueden agruparse espontáneamente en un solo haz potente que tiene a todos los fotones moviéndose prietas las filas. Un huracán es un sistema que se autoorganiza fortalecido por la corriente constante de energía que viene del Sol, que dirige los vientos y obtiene de los océanos el agua para la lluvia. Una célula viva (aunque mucho más complicada de analizar matemáticamente) es un sistema que se autoorganiza, que sobrevive tomando energía en forma de comida y excretando energía en forma de calor y desperdicios"[109].

Por toda la naturaleza observamos modelos de comportamiento. Unos son ordenados y otros desordenados. Hay decadencia, pero también hay crecimiento. Hay muerte, pero también hay vida. De hecho, estas tendencias contrapuestas van unidas. Son inseparables. La segunda ley asegura que todo en la naturaleza tiene un billete sólo de ida hacia el desorden y la decadencia. Sin embargo esto no cuadra con los modelos generales que podemos observar. Fuera de los estrictos límites de la termodinámica, el propio concepto de entropía es problemático.

"Los físicos reflexivos, a quienes interesa la acción de la termodinámica, se dan cuenta de cuán inquietante es la cuestión, como dijo uno de ellos, 'de cómo una corriente de energía, falta de propósito determinado, aporta vida y consciencia al mundo'. Forma parte del desconcierto la resbaladiza noción de la entropía, razonablemente bien definida con fines termodinámicos en términos de calor y temperatura, pero inverosímilmente ardua cuando hay que utilizarla como medida del *desorden*. Los físicos topan con sobradas dificultades en su deseo de medir el grado de orden en el agua, que compone estructuras cristalinas durante su transición al hielo, mientras la energía se disipa de modo incesante. La entropía termodinámica fracasa estrepitosamente como medida del grado mutable de forma y de falta de ella en la creación de los aminoácidos, microorganismos, plantas y animales autorreproductores y sistemas complejos de información, como el cerebro. Desde luego, esos islotes productores de orden han de obedecer a la segunda ley. Las leyes más importantes, las creadoras, se hallan en otra parte"[110].

El proceso de fusión nuclear es un ejemplo no de decadencia, sino de construcción del universo. Esto ya fue planteado en 1931 por H. T. Poggio, que advirtió a los profetas del pesimismo termodinámico contra los intentos injustificados

109. M. Waldrop, *Complexity*, pp. 33-34.
110. J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, p. 308.

de extrapolar a todo el universo una ley aplicable en ciertas situaciones limitadas en la Tierra: "No estemos tan seguros de que el universo es como un reloj que siempre tiende a pararse. Puede haber una manera de darle cuerda"[111].

La segunda ley contiene dos aspectos fundamentales, uno negativo y otro positivo. El primero plantea que ciertos procesos son imposibles, por ejemplo, que el calor fluya de una fuente fría a otra caliente (siempre es al revés); el segundo, deducible del primero, que la entropía es una característica inevitable de los sistemas aislados, en los que todas las situaciones de no equilibrio evolucionan hacia el mismo tipo de estado de equilibrio. La termodinámica tradicional ve en la entropía solamente un movimiento hacia el desorden. Esto, sin embargo, se refiere *sólo a sistemas simples aislados* (por ejemplo, una máquina de vapor). La nueva interpretación que hace Prigogine de las teorías de Boltzmann es mucho más amplia y radicalmente diferente.

Las reacciones químicas se producen como resultado de colisiones entre moléculas. Normalmente la colisión no provoca un cambio de estado, las moléculas simplemente intercambian energía. Pero, en algunos casos, sí produce un cambio en las moléculas implicadas (una *colisión reactiva*). Estas reacciones se pueden acelerar con el uso de catalizadores. En los seres vivos, estos catalizadores son proteínas específicas llamadas enzimas. Lo más probable es que este proceso jugase un papel decisivo en el surgimiento de la vida en la Tierra. En un momento dado, los movimientos aparentemente caóticos y casuales de las moléculas alcanzan un punto crítico en el que la cantidad repentinamente se transforma en calidad. Y ésta es una propiedad esencial de todas las formas de la materia, tanto orgánica como inorgánica.

"Sorprendentemente, la percepción de tiempo orientado aumenta a medida en que aumenta el nivel de organización biológica, y probablemente llega a su punto máximo en la conciencia humana"[112].

Todo ser vivo conjuga orden y actividad. En contraste, un cristal en estado de equilibrio está estructurado e inerte. En la naturaleza el equilibrio no es normal, sino, citando a Prigogine, "un estado raro y precario". El *no equilibrio* es la norma. En sistemas simples aislados, como un cristal, se puede mantener el equilibrio durante mucho tiempo, incluso indefinidamente. Pero las cosas cambian cuando se trata de procesos complejos, como los seres vivos. No se puede mantener una célula en estado de equilibrio, o morirá. Los procesos que rigen el surgimiento de la vida no son sencillos y lineales, sino dialécticos, implicando saltos repentinos en los que la cantidad se transforma en calidad.

Las reacciones químicas "clásicas" son vistas como procesos muy aleatorios. Las moléculas implicadas se distribuyen uniformemente en el espacio y su diseminación es "normal", es decir, según una curva de Gauss. Este tipo de reacciones encajan con la concepción de Boltzmann en la medida en que todos los pasos de la

111. E. J. Lerner, *op. cit*., p. 139.
112. I. Prigogine e I. Stengers, *op. cit*., p. 298.

cadena irán desapareciendo y la reacción acabará en una reacción estable, un equilibrio inmóvil. Sin embargo, en las últimas décadas se han descubierto reacciones químicas que se desvían de este concepto ideal y simplificado. Son conocidas con el nombre común de "relojes químicos". Los ejemplos más famosos son la reacción de Belousov-Zhabotinsky y el modelo de Bruselas ideado por Ilya Prigogine.

La termodinámica lineal describe el comportamiento estable y predecible de sistemas que tienden al mínimo nivel de actividad posible. Sin embargo, cuando las fuerzas termodinámicas que actúan en un sistema llegan al punto en que sobrepasan la región lineal, ya no se puede seguir asumiendo la estabilidad; surgen turbulencias. Durante mucho tiempo se consideró la turbulencia como sinónimo de desorden y caos. Pero ahora se ha descubierto que lo que parece ser simplemente desorden caótico en el nivel macroscópico está de hecho altamente organizado en el microscópico.

Hoy en día, el estudio de las inestabilidades químicas se ha convertido en algo común. Especialmente interesantes son las investigaciones hechas en Bruselas bajo la dirección de Ilya Prigogine. El estudio de lo que sucede más allá del punto crítico en que empieza la inestabilidad química tiene un enorme interés para la dialéctica. El fenómeno del "reloj químico" es especialmente importante. El modelo de Bruselas (llamado el *bruselator* por los científicos norteamericanos) describe el comportamiento de las moléculas de gas. Supongamos que hay dos tipos de moléculas, rojas y azules, en un estado caótico, moviéndose completamente al azar. Se podría suponer que, llegados a un punto dado, tendríamos una distribución irregular de las moléculas, produciendo un color morado, con destellos ocasionales de rojo o azul. Pero en un reloj químico esto no sucede más allá del punto crítico. El sistema es todo azul o todo rojo, y el cambio de color ocurre a intervalos regulares.

"Tal grado de orden surgiendo de la actividad de miles de millones de moléculas parece increíble", dicen Prigogine y Stengers, "y, de hecho, si no se hubiesen observado relojes químicos nadie creería que un proceso de ese tipo fuese posible. Para cambiar de color todas al mismo tiempo, las moléculas deben de tener una manera de 'comunicarse'. El sistema tiene que actuar como un todo. Volveremos repetidamente a esta palabra clave, comunicar, que tiene una importancia evidente en tantos campos, de la química a la neurofisiología. Las estructuras disipativas introducen probablemente uno de los mecanismos físicos más simples de comunicación".

El fenómeno del reloj químico demuestra que, llegados a un punto determinado, en la naturaleza *el orden puede surgir espontáneamente del caos*. Esta es una observación importante, especialmente en lo relativo a cómo de la materia inorgánica surge la vida.

"El 'orden a través de modelos fluctuantes' introduce un mundo inestable en el que pequeñas causas pueden tener grandes efectos, pero este mundo no es arbitrario. Por el contrario, las causas de la amplificación de un pequeño acontecimiento son un asunto legítimo para la investigación racional".

En la teoría clásica, las reacciones químicas se producen de manera estadísticamente ordenada. Normalmente hay una concentración media de moléculas, con una distribución regular. Sin embargo, en realidad, parece como si se pudieran *organizar* concentraciones locales *por sí mismas*. Este resultado es totalmente inesperado desde el punto de vista de la teoría tradicional. Estos puntos focales de lo que Prigogine llama "autoorganización" pueden consolidarse hasta llegar a afectar a todo el sistema en su conjunto. Lo que antes se creía un fenómeno marginal, resulta ser totalmente decisivo. La visión tradicional era considerar los procesos irreversibles como una molestia provocada por la fricción u otras fuentes de pérdida de calor en máquinas. Pero la situación ha cambiado. Sin procesos irreversibles, la vida no sería posible. La vieja idea de la irreversibilidad como un fenómeno *subjetivo* (resultado de la ignorancia) está siendo seriamente cuestionada. Según Prigogine, la irreversibilidad existe a todos los niveles, tanto microscópicos como macroscópicos. Para él, la segunda ley lleva a un *nuevo concepto de la materia*. En un estado de no equilibrio *surge el orden*. "El no equilibrio provoca orden en el caos"[113].

113. *Ibíd*., pp. 148, 206 y 287.

9. El ‘big bang’

Cosmología

Para mucha gente, no acostumbrada al pensamiento dialéctico, la noción de infinito es difícil de concebir. Está tan lejos del mundo cotidiano de objetos finitos en el que todas las cosas tienen un principio y un final, que parece extraño e incomprensible. Además está muy alejado de las enseñanzas de las principales religiones del mundo, la mayoría de las cuales tienen su mito de la Creación. Los estudiosos judíos de la Edad Media situaron la creación en el año 3760 a.C., y de hecho el calendario judío empieza a contar a partir de ese momento. En 1658, el obispo Ussher llegó a la conclusión de que el universo había sido creado en 4004 a.C. Durante todo el siglo XVIII se consideró que el universo tenía, a lo sumo, seis o siete mil años de existencia.

Pero, podría decir alguien, la ciencia del siglo XX no tiene nada que ver con todos estos mitos creacionistas; con los métodos modernos podemos tener una idea exacta del tamaño y los orígenes del universo. Desgraciadamente las cosas no son tan sencillas. En primer lugar, a pesar de los enormes avances, nuestro conocimiento del universo está limitado por la potencia de los telescopios, radioseñales y sondas espaciales que nos proveen de información. En segundo lugar, y más relevante, estos resultados y observaciones se interpretan de manera muy especulativa, bordeando frecuentemente el puro misticismo. Muy a menudo uno tiene la impresión de haber regresado, en realidad, al mundo del mito de la creación (el *big bang*, o gran explosión), junto con su compañero inseparable, el día del juicio final (el *big crunch*, o gran crujido).

Gradualmente, empezando por la invención del telescopio, el avance de la tecnología ha ido desplazando los límites del universo cada vez más allá. Las bolas de cristal que habían restringido la mente humana desde los tiempos de Aristóteles y Tolomeo fueron finalmente destruidas, junto con las demás barreras que los prejuicios religiosos medievales habían levantado en el camino del progreso.

En 1775, Kant postuló la existencia de colecciones de estrellas distantes a las que llamó *universos-islas*. Tan tarde como en 1924, se pensaba que el universo sólo tenía 200.000 años-luz de diámetro y estaba formado solamente por tres galaxias, la nuestra y dos vecinas. Entonces, el astrónomo norteamericano Edwin Powell Hubble, utilizando el nuevo y potente telescopio de 100 pulgadas del monte Wilson, demostró que la nebulosa de Andrómeda estaba muy alejada de nuestra galaxia. Más adelante se descubrieron otras galaxias todavía más lejanas. La hipótesis kantiana de los universos-islas se demostró correcta. Así, el universo se "expandió" —en las mentes de hombres y mujeres— muy rápidamente, y ha seguido "expandiéndose" desde entonces a medida que se han ido descubriendo objetos más y más lejanos. En lugar de 200.000 años-luz, ahora se piensa que mide decenas de miles de millones de años-luz. El tiempo demostrará que los actuales cálculos se quedan bastante cortos porque el universo, como ya pensaron Nicolás de Cusa y otros, es infinito. Antes de la Segunda Guerra Mundial se pensaba que su edad era de sólo dos mil millones de años. Ligeramente mejor que los cálculos del obispo Ussher, pero totalmente erróneo. Actualmente hay una enorme polémica entre los seguidores de la teoría del *big bang* sobre la supuesta edad del universo. Volveremos a esto más adelante.

La teoría del *big bang* realmente es un mito de la Creación, como el primer libro del *Génesis*. Plantea que el universo apareció hace 15.000 millones de años. Antes no existía universo, ni materia, ni espacio ni tiempo. Toda la materia del universo estaba concentraba supuestamente en un único punto. Entonces, ese punto invisible, conocido por los aficionados al *big bang* como *singularidad*, explotó con tal fuerza que instantáneamente llenó todo el universo, que desde aquella se sigue expandiendo. Ah, por cierto, éste fue el momento en que "empezó el tiempo". Si te estás preguntando si esto es una broma, olvídalo. Es precisamente lo que plantea la teoría del *big bang*, en la que creen la inmensa mayoría de profesores universitarios con largos títulos detrás de sus nombres. Es la muestra más clara de la deriva hacia el misticismo de un sector de la comunidad científica. En los últimos años hemos visto un auténtico aluvión de libros sobre ciencia, que, con la excusa de popularizarla, intentan pasar de contrabando nociones religiosas de todo tipo, especialmente las relacionadas con la teoría del *big bang*.

The New Scientist (7/5/94) publicó un artículo titulado *In the Beginning Was the Big Bang* (En el principio fue el *big bang*) que ejemplifica bastante bien la filosofía mística que está detrás de la *historia* del *big bang*. Su autor, Colin Price, se educó y trabajó como científico, pero ahora es capellán. Empieza preguntándose:

"¿Es la teoría del *big bang* desconcertantemente bíblica? ¿O, para decirlo en otras palabras, es la historia del *Génesis* desconcertantemente científica?". Y acaba afirmando confiadamente: "Nadie habría apreciado más la historia del *big bang* que los autores de los dos primeros capítulos del libro del *Génesis*".

El 'efecto Doppler'

En 1915, Albert Einstein planteó su teoría general de la relatividad. Antes de él, la visión general del universo partía del modelo mecánico clásico elaborado en el siglo XVIII por Isaac Newton, para el que el universo era como un enorme mecanismo de relojería regido por un número fijo de leyes del movimiento. Era infinito en extensión, pero esencialmente inmutable. Esta visión del universo tenía el defecto de todas las teorías mecánicas, no dialécticas: era *estática*.

En 1929, Edwin Hubble demostró que el universo era mucho mayor de lo que se había pensado hasta el momento. Es más, se percató de un fenómeno no observado anteriormente. Cuando la luz llega a nuestros ojos desde una fuente en movimiento, dicho movimiento provoca un cambio en su frecuencia. Esto se puede expresar en términos de los colores del espectro. Cuando una fuente de luz viaja hacia nosotros, percibimos su luz desplazándose hacia la parte alta del espectro de frecuencia (violeta). Cuando la fuente se aleja, el corrimiento es hacia la parte baja (rojo). Esta teoría, elaborada en primer lugar por el austríaco Christian Doppler y en su honor llamada *efecto Doppler*, tiene implicaciones muy importantes para la astronomía. Las estrellas aparecen a los observadores como puntos de luz contra un fondo oscuro. En la medida en que la mayoría de las estrellas mostraban un *corrimiento al rojo*, las observaciones de Hubble dieron lugar a la idea de que las galaxias se están alejando de nosotros a una velocidad proporcional a la distancia que nos separa de ellas. Esto se denominó ley de Hubble, aunque el propio Hubble no creía que el universo se estuviese expandiendo.

Hubble observó que existía una correlación entre el corrimiento al rojo y la distancia, medida por la luminosidad aparente de las galaxias. Con la aparición, en los años 60, del telescopio de 200 pulgadas se detectaron objetos todavía más lejanos, alejándose a 150.000 millas por segundo. Sobre estas observaciones se elaboró la teoría del *universo en expansión*. Además, la ecuación de campo de la teoría de la relatividad general de Einstein se podía interpretar de tal manera que encajase con esta idea. Por extensión, se argumentó que, si el universo se estaba expandiendo, tenía que haber sido más pequeño en el pasado que ahora. La consecuencia de esto fue la hipótesis de que el universo tenía que haber empezado como una única densa concentración de materia. Esta idea no es original de Hubble. Ya había sido planteada en 1922 por el matemático ruso Alexander Friedmann. Y en 1927, el cura belga George Lemaitre fue el primero en plantear la idea del "huevo cósmico". Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, la idea de un universo cerrado y eternamente inmutable en un estado de equilibrio permanente es claramente incorrecta. Por lo tanto, el abandono de este punto de vista fue indudablemente un paso adelante.

Las teorías de Friedmann fueron respaldadas de manera significativa por las observaciones de Hubble y Wirtz, que parecían indicar que el universo, o al menos su parte observable, se estaba expandiendo. Lemaitre se aprovechó de esta idea e intentó demostrar que si el universo era finito en el espacio, también tenía que ser

finito en el tiempo, tenía que haber tenido un *principio*. La utilidad de una teoría de este tipo para la Iglesia Católica es evidente. Deja la puerta abierta a la idea del Creador, que después de haber sido ignominiosamente expulsado del universo por la ciencia, ahora prepara su regreso triunfal como el Gran Manitú cósmico. "En ese momento tuve la impresión", dijo Hannes Alfvén años después, "de que la motivación para su teoría fue la necesidad de Lemaitre de reconciliar su física con la doctrina de la Iglesia, la creación *ex nihilo*"[114]. Lemaitre fue posteriormente recompensado con el cargo de director de la Academia Pontificia de las Ciencias.

CÓMO EVOLUCIONÓ LA TEORÍA

No es totalmente correcto referirse a la "teoría del *big bang*". De hecho, ha habido por lo menos cinco teorías diferentes y todas ellas han tenido problemas. La primera, como hemos visto, fue planteada en 1927 por Lemaitre. Rápidamente fue refutada en toda una serie de terrenos (deducciones incorrectas de la relatividad general y la termodinámica, una falsa teoría de los rayos cósmicos y la evolución estelar). Después de la Segunda Guerra Mundial, la desacreditada teoría fue resucitada por George Gamow y otros bajo una nueva forma. Plantearon una serie de cálculos —por cierto, con alguna dosis de "contabilidad creativa"— para explicar los diferentes fenómenos que se deducirían del *big bang* (densidad de la materia, temperatura, niveles de radiación, etc.). La brillante pluma de George Gamow hizo que el *big bang* capturase la imaginación popular. Pero de nuevo la teoría topó con serias dificultades.

Se encontraron toda una serie de discrepancias no sólo en el modelo de Gamow, sino también en la teoría del "universo oscilante" planteada posteriormente por Robert Dicke y otros, en un intento de resolver el problema de qué pasó antes del *big bang* haciendo que el universo oscilase en un ciclo sin fin. Pero Gamow había hecho una predicción muy importante: que una enorme explosión de esas características habría dejado tras de sí pruebas en forma de "radiación de fondo", una especie de eco del *big bang* en el espacio. Esto se utilizó para reanimar la teoría años más tarde.

Desde el principio hubo oposición a esta idea. En 1928, Thomas Gold y Hermann Bondi plantearon como alternativa el *estado estacionario*, más tarde popularizado por Fred Hoyle. Aceptando la expansión del universo, la explicaban por la "continua creación de materia de la nada". Esto supuestamente sucedía todo el tiempo, pero a una tasa demasiado pequeña como para ser detectada con la tecnología actual. Esto significa que el universo sigue siendo esencialmente el mismo para siempre, de aquí lo de *estacionario*. Las cosas iban de mal en peor. ¡Del "huevo cósmico" a la materia creada de la nada! Las dos teorías rivales se estuvieron peleando a lo largo de una década.

---

114. Citado en E. J. Lerner, *op. cit*., p. 214.

Que tantos científicos serios estuviesen dispuestos a aceptar la noción fantástica de Hoyle de que la materia se estaba creando de la nada es en sí mismo absolutamente asombroso. Más tarde se demostró que esa teoría era falsa. La teoría del estado estacionario asumía que el universo era homogéneo —es decir, que estaba distribuido uniformemente— en el tiempo y el espacio. Si se encontraba en un estado estacionario, la densidad de un objeto emisor de ondas de radio tendría que ser constante en la medida en que cuanto más lejos miramos en el espacio, lo que vemos es anterior en el tiempo. Sin embargo las observaciones demostraron que este no era el caso; cuanto más allá se observaba en el espacio, mayor era la intensidad de las ondas de radio. Esto demostró de manera concluyente que el universo estaba en un estado de cambio constante y evolución. No había sido siempre el mismo. La teoría del estado estacionario era incorrecta.

Esta teoría recibió el golpe de gracia en 1964, con el descubrimiento por parte de dos jóvenes astrónomos, Arno Penzias y Robert Wilson, de la radiación de fondo. Inmediatamente se consideró que era el "eco" del *big bang* predicho por Gamow. Pero seguía habiendo inconsistencias. Se observó que la temperatura de la radiación era de 3'5 K, no los 20 K predichos por Gamow, o los 30 K predichos por su sucesor, P. J. E. Peebles. Este resultado es incluso peor de lo que parece, ya que si la cantidad de energía en un campo es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura, la energía observada en la radiación era en realidad varios miles de veces menor que la predicha.

Robert Dicke y P. J. E. Peebles tomaron la teoría allí donde la había dejado Gamow. Dicke se dio cuenta de que habría una manera sencilla de solventar la peliaguda pregunta de qué había pasado antes del *big bang* si se pudiese volver a la idea de Einstein de un universo cerrado. Entonces se podría argumentar que el universo se expandiría en el tiempo para después colapsar en un solo punto ("singularidad") o algo parecido, y entonces empezaría a expandirse de nuevo, en una especie de juego eterno de *ping pong* cósmico. El problema era que Gamow había calculado la energía y la densidad del universo a niveles menores de los necesarios para cerrarlo. La densidad era de unos dos átomos por metro cúbico de espacio; y la densidad de energía, expresada como la temperatura prevista para la radiación de fondo que supuestamente representaba los restos del *big bang*, era de 20 K, es decir, veinte grados por encima del cero absoluto. De hecho, Gamow había fijado estas cifras para demostrar que el *big bang* producía elementos pesados, algo que hoy en día nadie defiende. Por tanto, sin más contemplaciones, Dicke simplemente tiró estas cifras a la papelera y escogió otras, igualmente arbitrarias, que encajasen en *su* teoría de un universo cerrado.

Dicke y Peebles predijeron que el universo estaría lleno de radiación, principalmente ondas de radio, con una temperatura de 30 K. Más adelante, Dicke planteó que su grupo había predicho una temperatura de 10 K, a pesar de que esta temperatura no aparecía en ninguna parte en sus notas publicadas y de que en cualquier caso es 100 veces mayor que los resultados observados. Esto demostró que el universo estaba más difuminado de lo que Gamow había pensado, con una gra-

vedad menor, lo que agravaba el problema básico de dónde había salido toda la energía para el *big bang*. Como Eric J. Lerner señala:

"Lejos de confirmar el modelo Peebles-Dicke, los descubrimientos de Penzias y Wilson descartaban claramente el modelo oscilante cerrado"[115]. De esta manera surgió una tercera versión del *big bang* conocida como el *modelo estándar*, un universo abierto en un estado de expansión permanente.

Fred Hoyle realizó cálculos detallados y anunció que el *big bang* sólo habría producido elementos ligeros (helio, deuterio y litio, estos dos últimos de hecho bastantes escasos). Calculó que si la densidad del universo era aproximadamente de un átomo por cada ocho metros cúbicos, la cantidad de estos tres elementos se acercaría bastante a las cantidades observadas. De esta manera, se planteó una nueva versión que no tenía nada que ver con las viejas. Ya no se mencionaban los rayos cósmicos de Lemaitre o los elementos pesados de Gamow. En su lugar, las pruebas presentadas eran las microondas de fondo y tres elementos ligeros. Pero ninguna de ellas constituye una prueba concluyente del *big bang*. Un problema adicional era la extrema uniformidad de la radiación de microondas de fondo. Las llamadas fluctuaciones de la radiación de fondo son tan pequeñas que no hubieran tenido tiempo de crecer y convertirse en galaxias a menos que hubiese mucha más materia (y, por tanto, más gravedad) de la que parece haber.

También había otros problemas. ¿Cómo se entiende que pedazos de materia viajando en dirección contraria alcanzasen la misma temperatura todos al mismo tiempo (el problema del "horizonte")? Los partidarios de la teoría presentan los supuestos orígenes del universo como un modelo de perfección matemática, todo perfectamente regular, tan regular "como la simetría del Edén, cuyas características se conforman a la razón pura", como plantea Lerner. Pero el universo actual está lejos de ser perfectamente simétrico. Es irregular, contradictorio, "abollado". ¡No se parece en nada a esas ecuaciones tan bonitas que hacen en Cambridge! ¿Por qué el *big bang* no produjo un universo uniforme? ¿Por qué el material y la energía originales y simples no se extendieron uniformemente por el espacio en una nube inmensa de polvo y gas? ¿Por qué el universo actual es tan "abollado"? ¿De dónde salen todas las galaxias y estrellas? ¿Cómo pasamos de A a B? ¿Cómo la simetría pura original del universo dio paso al universo irregular que vemos delante de nuestros ojos?

LA TEORÍA "INFLACIONARIA"

Para solucionar este y otros problemas, Alan Guth, el físico norteamericano, planteó su teoría del "universo inflacionario". (¡No debe ser casualidad que esta idea se plantease en los años 70, cuando el mundo capitalista estaba pasando por una crisis de inflación!). Según esta teoría, la temperatura cayó tan rápidamente que

115. *Ibíd*., p. 152.

no hubo tiempo a que los diferentes campos se separasen o para que se formasen las diferentes partículas. La diferenciación se produjo más tarde, cuando el universo era mucho más grande. Esta es la versión más reciente del *big bang*. Plantea que, en el momento del *big bang*, el universo experimentó una expansión exponencial en la que duplicó su tamaño cada 10^{-35} segundos (de ahí la "inflación"). Mientras que las versiones anteriores del modelo estándar consideraban todo el universo comprimido en el tamaño de una uva, Guth fue más allá. Calculó que el universo no empezó como una uva, sino que habría sido mil millones de veces más pequeño que un átomo de hidrogeno. Entonces se habría expandido a una velocidad increíble (múltiplo de la velocidad de la luz) hasta que alcanzó un tamaño 10^{90} veces su volumen inicial, es decir, ¡un uno seguido de noventa ceros!

Examinemos las implicaciones de esta teoría. Como el resto, parte de la hipótesis de que toda la materia del universo estaba concentrada en un solo punto. El error fundamental aquí es imaginar que el universo es igual al universo observable y que es posible reconstruir toda la historia del universo como un proceso lineal, sin tener en cuenta las diferentes fases, transiciones y estados por los que pasa la materia.

El materialismo dialéctico concibe el universo como infinito, pero no estático o en un estado de "equilibrio" permanente, como hicieron Einstein y Newton. La materia y la energía no se pueden crear ni destruir, sino que están en un proceso continuo de cambio y movimiento, que implica explosiones periódicas, expansión y contracción, atracción y repulsión, vida y muerte. No hay nada intrínsecamente improbable en la idea de una, o muchas, grandes explosiones. El problema es otro: una interpretación mística de un determinado fenómeno, como el corrimiento al rojo de Hubble, y un intento de colar de rondón la idea religiosa de la creación del universo.

Para empezar, es impensable que toda la materia del universo estuviese concentrada en un solo punto "de densidad infinita". Que quede claro lo que esto significa. En primer lugar, es imposible colocar una cantidad infinita de materia y energía en un espacio finito. Simplemente plantear la cuestión es suficiente para contestarla. "¡Ah!", dirán los partidarios del *big bang*, "pero el universo no es infinito, sino finito, según la teoría de la relatividad general de Einstein". En su libro *The Big Bang Never Happened* (El *big bang* nunca sucedió), Lerner explica que las ecuaciones de Einstein admiten un número infinito de universos diferentes. Friedmann y Lemaitre demostraron que muchas ecuaciones apuntan a una expansión universal. Pero aunque no todas ellas implican un estado de "singularidad", ésta es la única variante dogmáticamente defendida por Guth y cía.

Incluso si aceptásemos la idea de que el universo es finito, la noción de "singularidad" nos lleva a conclusiones claramente fantásticas. Si consideramos el pequeño rincón que somos capaces de observar como la totalidad del universo (una suposición sin base científica o lógica de ningún tipo), entonces estamos hablando de 100.000 millones de galaxias, cada una con unos 100.000 millones de estrellas secuenciales principales (como nuestro propio Sol). Según Guth, toda

esta materia estaba concentrada en un espacio más pequeño que un protón. Durante un millón de billones de billones de billones de segundos a una temperatura de billones de billones de billones de grados, hubo un solo campo y un solo tipo de interacción de partículas. Según el universo se expandió y la temperatura disminuyó, los diferentes campos supuestamente se "condensaron" a partir del estado inicial de simplicidad.

Se plantea la cuestión del origen de toda la energía para impulsar semejante expansión sin precedentes. Para resolver este acertijo, Guth recurrió al hipotéticamente omnipresente campo de fuerza ("campo de Higgs") cuya existencia ha sido predicha por algunos físicos teóricos pero de la que no hay la más mínima evidencia empírica. "En la teoría de Guth", comenta Eric Lerner, "el campo de Higgs que existe en un vacío genera toda la energía necesaria a partir de la nada (*ex nihilo*). El universo, como él lo plantea, es una 'comilona gratuita' cortesía del campo de Higgs"[116].

¿MATERIA OSCURA?

Cada vez que la teoría del *big bang* pasa por dificultades, en lugar de abandonarla, sus seguidores simplemente mueven los postes, introduciendo asunciones nuevas e incluso más arbitrarias, con el fin de apuntalarla. Por ejemplo, la teoría necesita una cierta cantidad de materia en el universo. Si el universo se creó hace 15.000 millones de años, como predice el modelo, simplemente no ha habido tiempo suficiente para que toda la materia que observamos se haya congelado en galaxias como la Vía Láctea sin la ayuda de una invisible *materia oscura*. Según los cosmólogos del *big bang*, para que en él se formasen las galaxias tiene que haber suficiente materia en el universo como para que por la ley de la gravedad se llegue a detener su expansión. Esto significaría una densidad de aproximadamente diez átomos por metro cúbico de espacio. En realidad, la cantidad de materia presente en el universo observable es de aproximadamente un átomo por cada diez metros cúbicos, cien veces menos que la cantidad predicha por la teoría.

Los cosmólogos decidieron denominar omega a la densidad del universo con respecto a la densidad necesaria para detener la expansión. Así, si omega fuese 1, sería justo lo suficiente para detener la expansión. Desgraciadamente, el valor observado es de una o dos centésimas. Aproximadamente el 99% de la materia necesaria "ha desaparecido" ¿Cómo resolvemos el problema? Muy fácil. En la medida en que la teoría necesita que la materia esté ahí, simplemente fijaron arbitrariamente el valor de omega en casi uno, ¡y empezaron una frenética búsqueda de la materia perdida! El primer problema al que se enfrenta el *big bang* es el origen de las galaxias. ¿Cómo puede ser que una radiación de fondo tan extremadamente uniforme produjese un universo tan "abollado"? Supuestamente las llama-

116. *Ibíd*., p. 158.

das "ondulaciones" (anisotropías) en la radiación eran un reflejo de la formación de agrupaciones de materia alrededor de las cuales se unieron las galaxias. Pero las irregularidades observadas eran demasiado pequeñas como para ser responsables de la formación de las galaxias a menos que hubiese mucha más materia, y por lo tanto gravedad, de la que parece haber. Para ser exactos, la materia real es sólo un 1% de la necesaria.

De ahí viene la noción de materia oscura. Es importante darse cuenta de que nadie ha visto nunca tal cosa. Su existencia se planteó hace unos diez años para llenar un agujero embarazoso en la teoría. En la medida en que sólo podemos ver un 1 ó 2% del universo, se planteó que el 99% restante estaba compuesto de materia invisible que no emite ningún tipo de radiación, por lo que es fría y oscura. Después de una década de búsqueda, todavía no se ha conseguido observar una sola de estas extrañas partículas, pero ocupan un papel central en la teoría simplemente porque ésta requiere de su existencia.

Pero si la cantidad de materia que hay en el universo observable (alrededor de un átomo por cada diez metros cúbicos de espacio) viene a ser unas cien veces menor que la requerida por la teoría del *big bang*, ¡no dejes que los hechos te estropeen una buena historia!, como dicen los periodistas. Si no hay suficiente materia en el universo para cuadrar la teoría, entonces tiene que haber una enorme cantidad de materia que no podemos ver. Como dijo Brent Tully: "Es molesto ver cómo hay una nueva teoría cada vez que hay una nueva observación".

En ese momento los defensores del *big bang* decidieron llamar al 7º de Caballería en forma de físicos de partículas. La tarea para la que fueron llamados haría palidecer todas las hazañas de John Wayne. Lo más que éste había llegado a hacer era encontrar a algunos niños y mujeres desafortunados raptados por los indios. Pero cuando los cosmólogos llamaron a sus colegas que estaban ocupados investigando los misterios del "espacio interior", su petición era un poco más ambiciosa. Les pidieron que encontrasen algo así como el 99% de la materia del universo, que desconsideradamente había "desaparecido". A no ser que la encontrasen, sus ecuaciones no cuadrarían y la teoría estándar del origen del universo estaría en dificultades.

En su libro, Eric Lerner detalla toda una serie de observaciones, cuyos resultados han sido publicados en revistas científicas, que refutan completamente la idea de la materia oscura. Sin embargo, a pesar de toda la evidencia, los defensores del *big bang* continúan comportándose como aquel profesor que se negaba a mirar por el telescopio para comprobar la corrección de las teorías de Galileo. La materia oscura tiene que existir ¡porque nuestra teoría lo exige!

"La prueba de la teoría científica", escribe Lerner, "es la correspondencia de predicciones y observación, y el *big bang* ha suspendido. Predice que no debería haber en el universo objetos de más de veinte mil millones de años ni mayores que ciento cincuenta millones de años-luz de anchura. Existen. Predice que el universo, a una escala tan grande, debería ser uniforme y homogéneo. No lo es. Predice que, para producir las galaxias que vemos a nuestro alrededor a partir de las débiles fluc-

tuaciones observadas en las microondas de fondo, tendría que haber cien veces más materia oscura que materia visible. No hay evidencia de que exista *ninguna* materia oscura. Y si no hay materia oscura, predice la teoría, no se formarán galaxias. Y sin embargo las hay esparcidas por todo el cielo. Vivimos en una de ellas"[117].

Alan Guth consiguió descartar algunas de las objeciones al *big bang*, pero sólo planteando la versión más fantástica y arbitraria de la teoría que jamás se haya visto. No explicaba qué era la "materia oscura", sino que simplemente les daba a los cosmólogos una justificación teórica para su existencia. Su significado real fue que estableció un vínculo entre la cosmología y la física de partículas, que se ha mantenido desde entonces. El problema es que, para justificar sus teorías, la tendencia general en la física teórica, como en la cosmología, ha sido recurrir cada vez más a asunciones matemáticas a priori, haciendo muy pocas predicciones demostrables en la práctica. Las teorías resultantes cada vez tienen un carácter más arbitrario y fantástico, y con frecuencia parecen tener más en común con la ciencia-ficción que con cualquier otra cosa.

De hecho, los físicos de partículas que corrieron a ayudar a la cosmología tenían ya bastantes problemas propios. Alan Guth y otros estaban intentando descubrir una gran teoría universal que unificaría las tres fuerzas básicas que operan a pequeña escala en la naturaleza: el electromagnetismo, la interacción débil (que provoca la desintegración radiactiva) y la interacción fuerte (que mantiene unido el núcleo y es responsable de la energía que éste libera). Esperaban poder repetir el éxito de Maxwell cien años atrás, que había demostrado que electricidad y magnetismo eran la misma fuerza. Los físicos de partículas estaban encantados de entrar en una alianza con los cosmólogos, esperando encontrar en el cielo una respuesta a los problemas que ellos mismos tenían. En realidad todo su enfoque era similar. Prácticamente sin ninguna referencia en la observación, se basaban en una serie de modelos matemáticos que muchas veces no eran más que pura especulación. Han surgido teorías como setas, cada una más fantástica que la anterior. La teoría inflacionaria está metida en todo esto.

¡EL NEUTRINO AL RESCATE!

La tozudez con la que los defensores del *big bang* se aferran a sus posiciones les lleva frecuentemente a dar los saltos mortales más divertidos. Su búsqueda del 99% de la "materia oscura" perdida fue en vano, no consiguieron encontrar nada que se acercase a las cantidades que necesitaba la teoría para impedir que el universo continuase expandiéndose para siempre. El 18 de diciembre de 1993, *The New Scientist* publicó un artículo titulado *Universe Will Expand Forever* (El universo se expandirá para siempre), donde se admitía que "un grupo de galaxias de la constelación de Cefeo contiene mucha menos materia invisible que la que se

117. *Ibíd*., pp. 39-40.

había pensado hace unos meses" y que las anteriores afirmaciones de astrónomos norteamericanos "estaban basadas en análisis defectuosos". Unas cuantas reputaciones científicas están en el alero, por no mencionar cientos de millones de dólares en becas de investigación. ¿Puede ser que esto tenga alguna relación con el fanatismo con que defienden el *big bang?* Como siempre, ven lo que quieren ver. ¡Los hechos se tienen que ajustar a la teoría!

El fracaso evidente al no encontrar la "materia oscura", cuya existencia es esencial para la supervivencia de la teoría, estaba provocando malestar en los sectores más reflexivos de la comunidad científica. El editorial de *The New Scientist* del 4 de junio de 1994, con el sugerente título de *A Folly of Our Time?* (¿Un desatino de nuestro tiempo?), comparaba la idea de la materia oscura con el desacreditado concepto victoriano del éter, un medio invisible a través del que se pensaba que las ondas de luz viajaban en el espacio:

"Era invisible, omnipresente, y en el siglo XIX todos los científicos creían en él. Era, por supuesto, el éter, el medio en el que creían que se propagaba la luz, y resultó ser un fantasma. La luz no necesita un medio para propagarse, a diferencia del sonido. Ahora, a finales del siglo XX, los físicos se encuentran en una situación similar a la de sus colegas victorianos. Una vez más tienen fe en algo invisible y omnipresente. Esta vez es la materia oscura".

En este momento se podría esperar que un científico serio se empezase a preguntar si no hay algo equivocado en su teoría. El mismo editorial añade:

"En cosmología, los parámetros libres parecen extenderse como un reguero de pólvora. Si las observaciones no encajan en la teoría, los cosmólogos parece que se contentan con añadir simplemente nuevas variables. Poniendo parches a la teoría continuamente, nos podemos estar perdiendo alguna Gran Idea". Pues sí. Pero no dejemos que los "hechos" se interpongan. Como un mago sacándose un conejo del sombrero, de repente han descubierto... ¡el neutrino!

El neutrino, una partícula subatómica, es descrito por B. Hoffmann como "una incertidumbre fluctuante entre la existencia y la no existencia". Es decir, en el lenguaje de la dialéctica, es y no es. ¿Cómo se puede reconciliar este fenómeno con la ley de la identidad, que afirma categóricamente que una cosa es o no es? Enfrentados a este tipo de dilemas, que aparecen una y otra vez en el mundo de las partículas subatómicas descrito por la mecánica cuántica, existe la tendencia a recurrir a formulaciones de dudosa validez científica, como la de que el neutrino no poseía masa ni carga eléctrica. La opinión inicial, que todavía mantienen muchos científicos, era que el neutrino no tenía masa, y dado que para que haya carga tiene que existir masa, la conclusión inevitable era que el neutrino tampoco podía tener carga.

Los neutrinos son partículas extremadamente pequeñas y, por lo tanto, muy difíciles de detectar. En un primer momento se planteó la existencia del neutrino para explicar la discrepancia en la cantidad de energía presente en partículas emitidas por el núcleo. Parecía como si se perdiese cierta cantidad de energía, de la que no se podía dar cuenta. Puesto que la ley de la conservación de la energía plantea

que ésta no se puede crear ni destruir, el fenómeno requería otra explicación. Aunque parece que en 1930 el físico idealista Niels Bohr estaba dispuesto a tirar por la borda dicha ley, se vio que era un poco precipitado. La discrepancia se explicó por el descubrimiento de una partícula hasta entonces desconocida: el neutrino

Los neutrinos que se forman en el núcleo del Sol a una temperatura de 15 millones de grados centígrados alcanzan la superficie solar en tres segundos, moviéndose a la velocidad de la luz. Los chorros de neutrinos inundan el universo, pasando a través de la materia sólida, incluida la Tierra, aparentemente sin ningún tipo de interacción. Estas partículas tan evasivas son tan pequeñas que su interacción con otras formas de materia es mínima. De hecho, billones de neutrinos están pasando a través de tu cuerpo mientras lees estas líneas, pero la posibilidad de que uno de ellos pueda quedar atrapado es mínima, así que no hay que preocuparse. Se ha calculado que un neutrino puede atravesar plomo sólido de un espesor de 100 años-luz, con sólo una probabilidad del 50% de ser absorbido. Por esta razón fue tan difícil detectarlos. De hecho, es difícil imaginar cómo se pudo llegar a detectar una partícula tan pequeña que se pensó que no tenía masa ni carga y que puede atravesar 100 años-luz de plomo. Pero se detectó.

Parece que algunos neutrinos pueden ser detenidos por el equivalente de una décima parte de una pulgada de plomo. En 1956, en un ingenioso experimento, unos científicos norteamericanos consiguieron atrapar un antineutrino. En 1968 se descubrieron los neutrinos solares, aunque sólo una tercera parte de los predichos por las teorías del momento. Sin duda, el neutrino tenía propiedades que no se pudieron detectar inmediatamente. Siendo tan pequeño, no es de extrañar. Pero la idea de una forma de materia a la que le faltaban sus propiedades más básicas era claramente una contradicción en sí misma. Al final, el problema se resolvió por dos vías totalmente diferentes. En primer lugar, Frederick Reines, uno de los descubridores del neutrino, anunció en 1980 que había descubierto la existencia de la *oscilación de neutrinos*. Esto indicaría que el neutrino tiene masa, pero el experimento de Reines no fue considerado concluyente.

Sin embargo, científicos soviéticos, en un experimento totalmente distinto, demostraron que los electrón-neutrinos tienen una masa que podría llegar a ser de 40 electronvoltios. Esto es sólo 1/13.000 de la masa de un electrón, que a su vez es 1/2.000 de la masa de un protón, con lo cual no es sorprendente que durante tanto tiempo se pensase que no tenían masa.

Hasta hace poco, el punto de vista general de la comunidad científica era que el neutrino no tenía ni masa ni carga. Ahora, de repente, han cambiado de opinión y declaran que el neutrino tiene masa —y quizás bastante—. ¡Esta es la conversión más sorprendente desde que San Pablo se cayó del caballo camino de Damasco! En realidad, tanta prisa nos puede hacer sospechar sobre los auténticos motivos de esta milagrosa conversión. ¿No podría ser que estuviesen tan desesperados por su fracaso con la "materia oscura" que finalmente hayan decidido dar un giro de ciento ochenta grados hacia el neutrino? ¡No podemos más que imaginarnos lo que Sherlock Holmes le hubiese dicho al Dr. Watson!

A pesar de todos los enormes avances en el campo de la investigación de partículas, la situación actual es confusa. Se han descubierto cientos de nuevas partículas, pero sigue sin haber una teoría general satisfactoria capaz de introducir un poco de orden, al igual que hizo Mendeleyev en el campo de la química. Actualmente hay un intento de unificar las fuerzas fundamentales de la naturaleza agrupándolas en cuatro capítulos: gravedad, electromagnetismo, interacción fuerte e interacción débil, cada una de las cuales opera en un nivel diferente.

La gravedad lo hace a escala cosmológica, manteniendo unidas las estrellas, planetas y galaxias. El electromagnetismo une los átomos en moléculas, transporta fotones del Sol y las estrellas y estimula las sinapsis del cerebro. La interacción o fuerza nuclear fuerte mantiene los protones y neutrones unidos dentro de los núcleos atómicos. La interacción o fuerza nuclear débil se expresa en la transmutación de átomos inestables durante la desintegración radiactiva. Estas dos últimas fuerzas operan a muy pequeña escala. Sin embargo, no hay razón para suponer que este esquema sea la última palabra sobre el particular, en algunos aspectos es arbitrario.

Hay grandes diferencias entre estas fuerzas. La gravitación afecta a todas las formas de materia y energía, mientras que la interacción fuerte sólo afecta a una clase de partículas. Sin embargo, la gravedad es cien trillones de billones de billones de veces más débil que la fuerza nuclear fuerte. Más importante todavía, no está claro por qué no tendría que haber una fuerza opuesta a la gravedad, cuando el electromagnetismo se manifiesta como carga eléctrica positiva y como carga eléctrica negativa. Este problema, que Einstein intentó solucionar, sigue sin resolverse y tiene una implicación decisiva en toda la discusión sobre la naturaleza del universo. Cada fuerza se relaciona con un conjunto de ecuaciones, implicando unos veinte parámetros diferentes. Estos dan resultados, pero nadie sabe por qué.

La llamada gran teoría unificada (GTU) avanza la idea de que la propia materia podría ser solamente una fase pasajera de la evolución del universo. Sin embargo, su predicción de que los protones se desintegran no ha sido demostrada, invalidando así por lo menos la versión más simple de la GTU. En un intento de entender sus propios descubrimientos, algunos científicos se han embarcado en teorías cada vez más fantásticas, como las llamadas teorías de la supersimetría, que plantean que el universo se construyó originalmente sobre más de cuatro dimensiones. Según esta noción, el universo podría haber empezado, por ejemplo, con diez dimensiones, pero desgraciadamente todas menos cuatro colapsaron durante el *big bang* y ahora son demasiado pequeñas para poder ser observadas.

Aparentemente estos objetos son las propias partículas subatómicas, que supuestamente son cuantos de materia y energía que se condensaron a partir del espacio puro. De esta manera, saltan de una especulación metafísica a la siguiente en un intento vano de explicar los fenómenos fundamentales del universo. La supersimetría plantea que el universo empezó en un estado de perfección absoluta. En palabras de Stephen Hawking, "el universo primitivo era más simple, y era

mucho más atractivo *porque* era más simple". Algunos científicos incluso tratan de justificar este tipo de especulación mística en función de criterios estéticos. Se supone que la simetría absoluta es bella. De esta manera nos encontramos de nuevo en la atmósfera rarificada del idealismo de Platón.

La naturaleza no se caracteriza por la simetría absoluta, sino que está llena de contradicciones, irregularidades, cataclismos y bruscas rupturas de la continuidad. La propia vida es una prueba de esta afirmación. En cualquier sistema vivo, el equilibrio absoluto significa la muerte. La contradicción que podemos ver aquí es tan vieja como la historia del pensamiento humano. Es la contradicción entre las abstracciones "perfectas" del pensamiento humano y las irregularidades e "imperfecciones" necesarias que caracterizan al mundo material real. El problema parte del hecho de que las fórmulas matemáticas abstractas, que pueden o no ser bellas, no representan adecuadamente el mundo real de la naturaleza. Suponerlo es un error metodológico de primera magnitud e inevitablemente nos lleva a falsas conclusiones.

PROBLEMAS CON LA CONSTANTE DE HUBBLE

Actualmente existe una fuerte polémica entre los defensores del *big bang* sobre la supuesta edad del universo. De hecho, el modelo estándar está en crisis. Observamos el espectáculo de respetables hombres de ciencia atacándose los unos a los otros en público utilizando un vocabulario no precisamente de lo más caballeroso. Y todo por la llamada constante de Hubble, de vital importancia para los que quieren descubrir la edad y el tamaño del universo porque sirve para medir la velocidad a la que se mueven las cosas en él. ¡El problema radica en que nadie sabe lo que es!

Edwin Hubble aseguró que la velocidad con la que se separan las galaxias era proporcional a su distancia a nosotros —cuanto más lejos, más rápidamente se movían—, como expresa la ley de Hubble ($v = H \cdot d$, donde v es la velocidad, H es la constante de Hubble y d es la distancia). Por tanto, la constante de Hubble es función de la velocidad y la distancia. La velocidad se puede calcular por el corrimiento al rojo, pero las distancias intergalácticas no se pueden medir con una regla. De hecho, no existen instrumentos fiables para medir distancias tan grandes. ¡Y aquí está el problema! Los expertos no se ponen de acuerdo sobre el valor real de la constante de Hubble, como quedó cómicamente claro en un reciente programa de televisión en Channel 4:

"Michael Pierre dice que, *sin duda*, la constante de Hubble es 85, Gustaf Tamman asegura que es 50, George Jacobi, 80; Brian Schmidt, 70; Michael Robinson, 50; y John Tonty, 80. La diferencia entre 50 y 80 puede parecer no muy grande" dice el folleto de Channel 4, "pero es crucial para la edad del universo. *Si la constante es muy alta, los cosmólogos podrían ir camino de demostrar la falsedad de su teoría más importante*".

La importancia de esto estriba en que cuanto mayor sea la constante de Hubble, más rápidamente se mueven las cosas y más cerca en el pasado está el momento del supuesto *big bang*. En los últimos años se han aplicado nuevas técnicas para medir las distancias intergalácticas, lo que ha llevado a los cosmólogos a una revisión drástica de sus primeros cálculos. Esto ha consternado a la comunidad científica, puesto que el valor estimado de la constante de Hubble ha ido creciendo cada vez más. Las últimas estimaciones evalúan la edad del universo en sólo 8.000 millones de años. ¡Esto significaría que hay estrellas que son más viejas que el universo! Esto es una contradicción flagrante —y no dialéctica, sino simplemente absurda—.

"Bien", comenta Carlos Frank, citado en el mismo folleto, "si resulta que las edades de las estrellas son mayores que el tiempo de expansión del universo, deducido de las mediciones de la constante de Hubble y de la densidad del universo, entonces tenemos una auténtica crisis. Sólo te queda una opción: tienes que abandonar las suposiciones básicas sobre las que se basa el modelo del universo. *En este caso, tienes que abandonar algunas, quizás todas, de las suposiciones básicas sobre las que se basa la teoría del big bang*"[118].

Prácticamente no existe ningún tipo de prueba empírica que apoye la teoría del *big bang*. La mayor parte del trabajo hecho para demostrarla es puramente teórico, basado en fórmulas matemáticas esotéricas y complejas. Las numerosas contradicciones entre el esquema preconcebido del *big bang* y la realidad observada han sido salvadas cambiando constantemente las premisas, para mantener a toda costa una teoría sobre la que se han construido tantas reputaciones académicas.

Según esta teoría, nada en el universo puede tener más de 15.000 millones de años. Pero hay pruebas que contradicen esta afirmación. En 1986, Brent Tully, de la Universidad de Hawai, descubrió enormes aglomeraciones de galaxias ("supercúmulos") de 1.000 millones de años-luz de longitud, 300 millones de ancho y 100 millones de espesor. Para que se pudieran haber formado objetos de este tamaño se necesitarían entre 80.000 y 100.000 millones de años-luz, es decir, entre cuatro y cinco veces más de lo permitido por los defensores del *big bang*. Desde entonces ha habido otros resultados que tienden a confirmar estas observaciones.

The New Scientist (5/2/94) traía un informe sobre el descubrimiento por parte de Charles Steidel, del Massachusetts Institute of Technology, y Donald Hamilton, del California Institute of Technology de Pasadena, de un cúmulo de galaxias, con implicaciones importantes para la teoría del *big bang:*

"El descubrimiento de un cúmulo de estas características significa problemas para las teorías de la materia oscura fría, que parten de la base de que una gran parte de la masa del universo se encuentra en objetos fríos y oscuros, como planetas o agujeros negros. Estas teorías predicen que el material del universo primitivo se agrupó empezando 'por abajo', es decir, que primero se formaron las galaxias y después se agruparon en cúmulos".

118. *The Rubber Universe*, pp. 11 y 14. El subrayado es nuestro.

Como de costumbre, la reacción inicial de los cosmólogos es recurrir a mover de nuevos los postes, ajustando la teoría para que encaje con los hechos. Mauro Giavalisco, del Baltimore Space Telescope Science Institute, "cree que podría ser posible explicar el nacimiento del primer cúmulo de galaxias con un corrimiento al rojo de 3'4 afinando la teoría de la materia oscura fría. Pero añade una advertencia: 'Si se encuentran diez cúmulos con un corrimiento al rojo de 3'5, sería el fin de las teorías de la materia oscura fría".

Podemos dar por supuesto que existen no diez, sino un número mucho mayor de estos enormes cúmulos y que serán descubiertos. Y, a su vez, sólo representarán una parte minúscula de toda la materia, que trasciende los límites del universo observable y se extiende hasta el infinito. Todo intento de poner un límite al universo material está condenado al fracaso. La materia no tiene fronteras, ni en el ámbito subatómico, ni en el tiempo, ni en el espacio.

EL 'BIG CRUNCH' Y EL SUPERCEREBRO

Dies irae, dies illa
Solvet saeclum in favilla
Tomás de Celano, *Dies irae*

Ese día, el día de la ira,
convertirá el universo en ceniza
Canto fúnebre medieval

Igual que no se ponen de acuerdo sobre el origen del universo, tampoco lo hacen sobre su supuesto final, ¡aunque todos coinciden en que acabará muy mal! Según una escuela de pensamiento, llegará un momento en que la gravedad detendrá la expansión del universo. A partir de entonces, todo el universo colapsará sobre sí mismo, llevando a un "gran crujido" (*big crunch*) en el que acabaremos tal y como empezamos, de vuelta al "huevo cósmico". ¡De eso nada!, exclama otra escuela de defensores del *big bang*. La gravedad no es suficientemente fuerte como para eso. El universo simplemente seguirá expandiéndose indefinidamente, haciéndose cada vez más delgado, hasta que llegue un momento en que se disipe en la noche oscura de la nada.

Hace décadas, Ted Grant, utilizando el método del materialismo dialéctico, demostró la falta de base tanto de la teoría del origen del universo del *big bang* como de la teoría alternativa del estado estacionario. Más tarde se demostró que ésta, basada en la creación continua de materia de la nada, era falsa. Por lo tanto, la teoría del *big bang* "ganó" por incomparecencia del adversario y sigue siendo defendida por la mayor parte de la comunidad científica. Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, no tiene sentido hablar del principio del tiempo o de la creación de la materia. Tiempo, espacio y movimiento son el modo de exis-

tencia de la materia, que no se puede crear ni destruir. El universo ha existido eternamente como materia y energía (que son lo mismo) en constante cambio, movimiento y evolución. Todos los intentos de encontrar un principio o un final al universo material fracasarán inevitablemente. Pero, ¿cómo explicarse esta extraña regresión al punto de vista medieval del sino del universo?

Aunque es absurdo intentar buscar un vínculo causal directo entre los procesos sociales, políticos y económicos y el desarrollo de la ciencia (la relación no es ni automática ni directa, sino mucho más sutil), es difícil resistirse a sacar la conclusión de que la visión pesimista de algunos científicos del futuro del universo no es accidental, sino que está relacionado de alguna manera con el sentimiento general de que la sociedad ha llegado a un callejón sin salida. Se acerca el fin del mundo. Este no es un fenómeno nuevo. La misma sensación de estar sentenciado se vivió durante el declive del Imperio Romano y al final de la Edad Media. En ambos casos fue un reflejo del agotamiento de las posibilidades del sistema social. Lo inminente no era el fin del mundo, sino el colapso del esclavismo y del feudalismo, a los que les había llegado su hora.

Tomemos la siguiente cita de *Los tres primeros minutos del universo*, del premio Nobel Steven Weinberg: "Para los seres humanos, es casi irresistible el creer que tenemos alguna relación especial con el Universo, que la vida humana no es solamente el resultado más o menos absurdo de una cadena de accidentes que se remonta a los tres primeros minutos, sino que de algún modo formábamos parte de él desde el comienzo. Mientras escribo estas líneas, viajo en un avión a diez mil metros de altura, sobre Wyoming, en viaje de vuelta de San Francisco a Boston. Debajo, la Tierra parece muy suave y confortable, salpicada de vaporosas nubes, con nieve que adquiere una tonalidad rosada a medida que el Sol se pone y caminos que se extienden en línea recta por el campo de una ciudad a otra. Es difícil darse cuenta de que todo esto sólo es una minúscula parte de un universo abrumadoramente hostil. Aún más difícil es comprender que este Universo actual ha evolucionado desde una condición primitiva inefablemente extraña, y tiene ante sí una futura extinción en el frío eterno o el calor intolerable. Cuanto más comprensible parece el Universo, tanto más sin sentido parece también"[119].

Ya hemos visto cómo la teoría del *big bang* abre la puerta a la religión y todo tipo de ideas esotéricas. Borrar la distinción entre ciencia y misticismo equivale a retroceder cuatrocientos años. Es un reflejo de la corriente de estado de ánimo irracional en la sociedad. E invariablemente lleva a conclusiones de tipo reaccionario. Tomemos por ejemplo una cuestión oscura y remota: ¿Se desintegran los protones? Como ya hemos indicado, ésta es una de las predicciones de la TGU. Se han hecho todo tipo de sofisticados experimentos para demostrarla y todos han fracasado. Y sin embargo siguen defendiéndola.

He aquí un ejemplo típico de la clase de literatura que plantean los partidarios de la teoría del *big crunch:*

119. S. Weinberg, *Los tres primeros minutos del universo*, p. 132.

"En los momentos finales, la gravedad pasa a ser la fuerza que lo domina todo, aplastando sin compasión materia y espacio. La curvatura del espacio-tiempo aumenta incluso más rápidamente. Regiones cada vez más grandes son comprimidas en volúmenes cada vez más pequeños. Según la teoría convencional, la implosión se hace infinitamente potente, aplastando toda la materia fuera de la existencia y arrasando cualquier cosa física, incluidos el tiempo y el espacio, en una singularidad espacio-tiempo.

"Este es el final.

"El *big crunch* tal como lo entendemos no es sólo el final de la materia. Es el final de *todo*. Debido a que el propio tiempo cesa en el *big crunch*, no tiene sentido preguntarse qué sucede después, de la misma manera que no tiene sentido preguntarse qué sucedió antes del *big bang*. No hay 'después' de ningún tipo para que suceda nada —no hay tiempo ni siquiera para la inactividad ni espacio para el vacío—. Un universo que viene de la nada en el *big bang* desaparecerá en la nada en el *big crunch*, no dejando ni siquiera una memoria de sus gloriosos pocos tropecientos años de existencia".

La pregunta que sigue es un clásico del humor inconsciente: "¿Tendríamos que estar deprimidos por una perspectiva de este tipo?", se pregunta Paul Davies ¡presumiblemente esperando una respuesta seria! De inmediato nos empieza a animar especulando sobre diferentes maneras en que la humanidad podría escapar a la destrucción. E inmediatamente también, de forma inevitable nos encontramos en una especie de país de las maravillas a medio camino entre la religión y la ciencia-ficción.

"Uno puede preguntarse si un superser que habitase el universo en su colapso final podría tener un número infinito de pensamientos y experiencias diferentes en el tiempo finito a su disposición".

Así que, antes de que se acaben los tres minutos finales, la humanidad abandona su cuerpo material y se convierte en espíritu puro, capaz de sobrevivir al final de todas las cosas transformándose en un supercerebro.

"Cualquier supercerebro tendría que ser muy agudo e intercambiar comunicaciones de una dirección a otra en la medida en que las oscilaciones llevasen el colapso más rápidamente en una dirección y después en otra. Si el ser puede mantener el ritmo, las propias oscilaciones podrían proporcionarle la energía necesaria para dirigir el proceso de pensamiento. Es más, en modelos matemáticos simples parece haber un número infinito de oscilaciones en la duración finita que termina en el *big crunch*. Esto proporciona una cantidad infinita de procesamiento de información y, por lo tanto, por hipótesis, un tiempo subjetivamente infinito para el superser. De esta manera, el mundo mental podría no acabar nunca, aunque el mundo físico llegue a un cese abrupto en el *big crunch*"[120].

¡Uno realmente necesita un supercerebro para entender este galimatías! Sería bonito pensar que el autor está bromeando. Desgraciadamente hemos leído demasiados pasajes de este tipo recientemente para estar seguros de que no es así. Si

120. P, Davies, *op. cit*., pp. 123-26.

el *big crunch* significa "el final de todo", ¿qué le pasa a nuestro amigo el supercerebro? Para empezar, sólo un idealista incorregible podría concebir un cerebro sin un cuerpo. Por supuesto que aquí se trata no de un cerebro cualquiera, sino de un supercerebro. Incluso así nos podemos imaginar que le serían útiles una médula espinal y un sistema nervioso central; y que ese sistema nervioso, para ser justos, necesita un cuerpo; y que un cuerpo (incluso un supercuerpo) generalmente necesita algún tipo de sustento, y dado que el cerebro es famoso por su glotonería y absorbe un alto porcentaje del total de calorías consumidas incluso por un simple mortal, ¡lógicamente un supercerebro tendría un superapetito! Pero por desgracia, en la medida en que el *big crunch* es el final de todo, nuestro pobre supercerebro estaría sometido a una estricta dieta para el resto de la eternidad. Sólo nos queda la esperanza de que, siendo como es muy agudo, habrá tenido tiempo de tragarse una comida rápida antes de que se le hayan acabado los tres minutos. Con este reconfortante pensamiento nos despedimos del supercerebro y volvemos a la realidad.

¿No es asombroso que, después de dos milenios de los mayores avances de la ciencia y la cultura humanas, nos encontremos de vuelta al libro del Apocalipsis? Engels advirtió ya hace cien años que, dando la espalda a la filosofía, los científicos acabarían inevitablemente en el "mundo de los espíritus". Desgraciadamente esta predicción ha resultado ser demasiado precisa.

¿Un 'universo de plasma'?

El modelo estándar del universo nos ha llevado a un callejón sin salida científico, moral y filosófico. La propia teoría está llena de agujeros. Y sin embargo sigue en pie, aunque a duras penas, principalmente por la falta de una alternativa. Sin embargo, algo se cuece en el mundo de la ciencia. Están empezando a tomar forma nuevas ideas que no sólo rechazan el *big bang*, sino que parten de la idea de un universo infinito en cambio constante. Todavía es demasiado pronto para decir cuál de estas teorías se verá confirmada. Una hipótesis interesante es la del *universo de plasma*, planteada por el premio Nobel de Física sueco Hannes Alfvén. Aunque no podemos entrar en detalle en su teoría, mencionaremos por lo menos algunas ideas.

Alfvén pasó de la investigación del plasma en laboratorio al estudio de cómo evoluciona el universo. El plasma está compuesto de gases calientes conductores de la electricidad. Ahora se sabe que el 99% de la materia del universo es plasma. Mientras que en un gas normal los electrones están ligados a sus núcleos, en un plasma se pueden mover libremente porque el intenso calor los separa de ellos. Los cosmólogos del plasma plantean un universo "entrecruzado por vastas corrientes eléctricas y potentes campos magnéticos, ordenados por el contrapunto cósmico del electromagnetismo y la gravedad"[121]. En los años 70,

121. E. J. Lerner, *op. cit*., p. 14

las sondas espaciales *Pioneer* y *Voyager* detectaron la presencia de corrientes eléctricas y campos magnéticos rellenados con filamentos de plasma alrededor de Júpiter, Saturno y Urano.

Científicos como Alfvén o Anthony Peratt han elaborado un modelo de universo dinámico, no estático, que no requiere un inicio en el tiempo. La expansión de Hubble necesita una explicación, pero no tiene que ser necesariamente el *big bang*. Un *big bang* provocaría una explosión, pero una explosión no requiere necesariamente un *big bang*. Como dice Alfvén: "Esto es como decir que ya que todos los perros son animales, todos los animales son perros". No hay nada que objetar a la idea de que en un momento dado una explosión expandiese parte del universo. El problema es la idea de que *toda* la materia del universo estaba concentrada en un solo punto y que el propio universo y el tiempo nacieron en un solo instante llamado *big bang*.

El modelo alternativo sugerido por Hannes Alfvén y Oskar Klein admite que pudo haber una explosión provocada por la combinación de gran cantidad de materia y antimateria en un pequeño rincón del universo visible, que generase gran cantidad de electrones y positrones energéticos. Atrapados en campos magnéticos, estas partículas empujaron el plasma durante cientos de millones de años. "La explosión de esta época, hace unos diez o veinte mil millones de años, esparció el plasma a partir del cual se condensaron las galaxias posteriormente (en la expansión de Hubble). Pero esto de ninguna manera fue un *big bang* que creó materia, espacio y tiempo. Fue sólo un *big bang*, una explosión en una parte del universo. Alfvén es el primero en admitir que esta explicación no es la única posible. 'El quid de la cuestión', insiste, 'es que existen alternativas al *big bang*".

En un momento en que casi todos los científicos pensaban lo contrario, Alfvén demostró que el espacio no estaba vacío, sino que lo recorrían corrientes de plasma y campos magnéticos. Alfvén realizó un trabajo pionero en el campo de las manchas solares y campos magnéticos. Más tarde demostró que, en condiciones de laboratorio, si una corriente fluye a través del plasma, éste asume la forma de un filamento, para poder moverse a lo largo de las líneas del campo magnético. Partiendo de esta observación, llegó a la conclusión de que el mismo fenómeno se daba en el plasma espacial. Es una propiedad general del plasma en todo el universo. Así, tenemos corrientes eléctricas enormes fluyendo a lo largo de filamentos de plasma formados de manera natural, que cruzan todo el cosmos.

"Formando las estructuras filamentosas observadas en las escalas más pequeñas y más grandes, materia y energía se pueden comprimir en el espacio. Pero está claro que la energía también se puede comprimir en el *tiempo* (el universo está lleno de liberaciones de energía repentinas y explosivas). Un ejemplo con el que Alfvén estaba familiarizado era el de las llamaradas solares, que generan las corrientes de partículas que provocan tormentas magnéticas en la Tierra. Sus modelos 'generadores' de fenómenos cósmicos demostraron cómo la energía se puede producir gradualmente, como en una planta energética que funcione

correctamente, y también en llamaradas. La comprensión de la liberación explosiva de energía era la clave de la dinámica del cosmos".

Alfvén había demostrado la corrección de la hipótesis nebular de Kant-Laplace. Por lo tanto, si las estrellas y planetas se pueden formar por la acción de enormes corrientes filamentosas, no hay razón para que no se puedan formar de la misma manera sistemas solares completos:

"Nuevamente, este proceso es idéntico, pero su tiempo es inmensamente mayor: filamentos extendidos a lo largo de una nebulosa protogaláctica contraen el plasma en los materiales constituyentes del Sol y otras estrellas. Una vez que el material se contrae inicialmente, la gravedad unirá a algunos, especialmente las partículas de hielo y polvo, de movimiento más lento, que entonces crearán la semilla para el crecimiento de un cuerpo central. Además, el movimiento de vórtice del filamento dará un momento angular a cada una de las aglomeraciones menores dentro de él, generando un nuevo y menor conjunto de corrientes con filamentos y un nuevo ciclo de compresión que forma un sistema solar. (En 1989, esta hipótesis ahora ampliamente aceptada fue confirmada definitivamente cuando los científicos observaron que los ejes de rotación de todas las estrellas en una nube determinada están alineadas con el campo magnético de la nube, claramente una formación estelar controlada por el campo magnético)".

Por supuesto, las teorías de Alfvén fueron rechazadas por los cosmólogos en la medida en que cuestionaban no sólo el modelo estándar, sino que incluso ponían en duda la existencia de agujeros negros, por aquel entonces muy en boga. Alfvén ya había explicado correctamente que los rayos cósmicos no eran los restos del *big bang*, sino productos de la aceleración electromagnética.

"De esta manera, en el escenario de Alfvén y Klein, sólo una pequeña parte del universo —la que observamos— habría colapsado, primero, y luego explotado. En lugar de provenir de un solo punto, la explosión proviene de una vasta región de cientos de millones de años-luz de anchura y que tiene cientos de millones de años-luz de desarrollo; no se necesita un 'origen' del universo"[122].

El tiempo dirá si esta teoría es correcta. Lo importante, como resalta el propio Alfvén, es que hay la posibilidad de alternativas al *big bang*. Pase lo que pase, estamos seguros de que el modelo de universo que finalmente sea corroborado por la ciencia no tendrá nada en común con un universo cerrado, con un *big bang* en una punta y un *big crunch* en la otra. El descubrimiento, en 1609, del telescopio fue un punto de inflexión decisivo en la astronomía. Desde entonces, el horizonte del universo se ha ido ampliando cada vez más. Hoy en día, los potentes radiotelescopios penetran en las profundidades del espacio exterior. Cada vez se descubren nuevos objetos, más grandes y más alejados, sin ningún final a la vista. Sin embargo, la obsesión humana por lo finito crea la necesidad urgente de poner un límite final a todas las cosas. Podemos ver cómo este fenómeno se repite una y otra vez en la historia de la astronomía.

122. *Ibíd*., pp. 52, 196, 209 y 217-18.

Es una ironía que precisamente cuando la tecnología nos permite penetrar más que nunca en la enormidad del universo, somos testigos de una regresión psicológica al mundo medieval de un universo finito, empezando con la Creación y acabando en una aniquilación total del espacio, el tiempo y la materia. En este punto se traza una línea insuperable, más allá de la cual la mente humana no puede preguntarse, puesto que "no podemos conocer" lo que hay más allá. Es el equivalente del siglo XX a los antiguos mapas, en los que se dibujaba el fin del mundo con un aviso amenazador: "Aquí hay monstruos".

EINSTEIN Y EL 'BIG BANG'

A diferencia de teorías anteriores, como las leyes del electromagnetismo de Maxwell o la ley de la gravedad de Newton, sólidamente basadas en el experimento y rápidamente confirmadas por cientos de miles de observaciones independientes, las teorías de Einstein se confirmaron en un primer momento gracias a dos únicas observaciones: la desviación de la luz de las estrellas por el campo gravitatorio del Sol y una ligera desviación de la órbita de Mercurio.

La posterior demostración de la teoría de la relatividad ha llevado a otros a pensar que se puede ir directamente a la verdad a través de la pura deducción. De hecho, podemos ver una tendencia creciente hacia un tratamiento puramente abstracto de la cosmología, basado exclusivamente en cálculos matemáticos y la teoría de la relatividad:

"El número de artículos de cosmología publicados anualmente aumentó astronómicamente de sesenta, en 1965, a más de quinientos, en 1980, pero este crecimiento se ha dado casi únicamente en trabajos *puramente* teóricos: en 1980, casi el 95% de estos artículos se dedicaban a varios modelos matemáticos, como el *universo de Bianchi tipo XI*. A mediados de la década de 1970, la confianza de los cosmólogos era tal, que se sentían capaces de describir con gran detalle acontecimientos de las primeras centésimas de segundo del tiempo, hace varios miles de millones de años. Cada vez más, la teoría adquirió las características de un mito (conocimiento exacto y absoluto sobre acontecimientos en el pasado distante, pero un conocimiento cada vez más vago de cómo llevaron al universo que vemos ahora, y un rechazo creciente a la observación)".

El talón de Aquiles del universo cerrado y estático de Einstein es que inevitablemente colapsaría sobre sí mismo debido a la fuerza de la gravedad. Para solventar este problema, planteó la hipótesis de la "constante cosmológica", una fuerza de repulsión que contrarrestaría la fuerza de la gravedad, impidiendo así el colapso. Durante un tiempo, la idea de un universo estático que las fuerzas gemelas de la gravedad y la "constante cosmológica" mantendrían para siempre en un estado de equilibrio tuvo apoyo, al menos por el pequeño número de científicos que decían entender las teorías extremadamente abstractas y complicadas de Einstein.

En 1970, en un artículo en *Science*, Gerard de Vaucouleur demostró que la densidad de los objetos del universo es inversamente proporcional a su tamaño. Por ejemplo, un objeto diez veces más grande sería 100 veces menos denso. Esto tiene serias implicaciones para los intentos de establecer la densidad media del universo, que es necesaria para saber si hay suficiente gravedad para detener la expansión de Hubble. Si la densidad disminuye con el aumento de tamaño, será imposible definir la densidad media del universo en su conjunto. Si De Vaucouleur tiene razón, la densidad del universo observado sería mucho menor de lo que se pensaba, y el valor de omega podría ser tan pequeño como 0'0002. En un universo con tan poca materia, los efectos de la gravedad serían tan débiles que la diferencia entre la relatividad general y la gravedad newtoniana sería insignificante y, por lo tanto, "a efectos prácticos, la relatividad general, el fundamento de la cosmología convencional, puede ¡*ser ignorada*!". Lerner continúa: "El descubrimiento de De Vaucouleur demuestra que en cualquier parte del universo (quizás con la excepción de las cercanías de una estrella de neutrones ultradensa) la relatividad general no es más que una corrección sutil"[123].

Las dificultades a la hora de comprender lo que Einstein "realmente quiso decir" ya son legendarias. Hay una historia según la cual, cuando un periodista preguntó al científico inglés Eddington si era cierto que sólo había tres personas en el mundo que entendiesen la relatividad, éste contestó: "¿Ah, sí? ¿Y quién es el tercero?". Sin embargo, el matemático ruso Alexander Friedmann, a principios de los años 20, demostró que el modelo de universo de Einstein era sólo una de entre un número infinito de cosmologías posibles, algunas en expansión, otras en contracción, dependiendo del valor de la constante cosmológica y de las "condiciones iniciales" del universo. Fue un resultado puramente matemático deducido de las ecuaciones de Einstein. El auténtico significado del trabajo de Friedmann fue poner en duda la idea de un universo cerrado y estático y demostrar que había otros modelos posibles.

Estrellas de neutrones

Contrariamente a la idea de la Antigüedad de que las estrellas eran eternas e inmutables, la astronomía moderna ha demostrado que las estrellas y otros cuerpos celestes tienen una historia, un nacimiento, una vida y una muerte —gigantes y rarificadas en su juventud; azules, calientes y radiantes en la mitad de la vida; contraídas, densas y rojas de nuevo en su vejez—. Las observaciones astronómicas con potentes telescopios nos han permitido acumular gran cantidad de información. Sólo en Harvard ya se habían clasificado un cuarto de millón de estrellas, en cuarenta tipos diferentes, antes de la Segunda Guerra Mundial, gra-

123. *Ibíd*., pp. 153-54 y 221-22.

cias al trabajo de Annie J. Cannon. Ahora se conocen muchas más gracias a los radiotelescopios y la exploración espacial.

El astrónomo inglés Fred Hoyle ha realizado una investigación detallada de la vida y la muerte de las estrellas. El combustible de las estrellas proviene de la fusión de hidrógeno en su núcleo, produciendo helio. Una estrella en su estadio inicial cambia poco de temperatura o de tamaño. Esta es la etapa actual de nuestro sol. Sin embargo, más pronto o más tarde, el hidrógeno que se consume en el centro a gran temperatura se convierte en helio, que se acumula en el núcleo hasta que, alcanzada cierta concentración, la cantidad se transforma en calidad. Se produce un cambio dramático, provocando un salto repentino de tamaño y temperatura. La estrella se expande enormemente, mientras que su superficie pierde calor. Se convierte en una *gigante roja*.

Según esta teoría, el helio del núcleo se contrae, elevando la temperatura hasta el punto en que los núcleos de los átomos de helio se fusionan, creando carbón y liberando más energía. Según se va calentando, se contrae todavía más. En este momento, la vida de la estrella llega rápidamente a su final, ya que la energía producida por la fusión del helio es mucho menor que la producida por la del hidrógeno. En un momento dado, el nivel de energía empieza a caer por debajo del necesario para mantener la expansión de la estrella contra su propio campo gravitatorio. La estrella se contrae rápidamente, colapsando sobre sí misma para convertirse en una *enana roja*, rodeada por un halo de gas, los restos de las demás capas fundidas por el calor de la contracción. Este es el proceso básico de formación de las nebulosas planetarias. La estrella puede permanecer en este estado durante largo tiempo, enfriándose lentamente, hasta que ya no tiene suficiente energía para brillar. Acaba siendo una *enana blanca*.

Sin embargo, estos procesos parecen bastante tranquilos en comparación al escenario planteado por Hoyle para las estrellas más grandes. Cuando una llega a un estadio tardío de desarrollo, en el que su temperatura interna alcanza los tres mil o cuatro mil millones de grados, en su núcleo se empieza a formar hierro. Llegados a cierto punto, la temperatura alcanza tal grado que los átomos de hierro se fisionan, dando lugar a helio. En este momento la estrella colapsa sobre sí misma en más o menos un segundo. Tal colapso terrorífico provoca una violenta explosión que hace salir despedida la capa más externa de la estrella. Esto es lo que se conoce como una *supernova*, como la que asombró a los astrónomos chinos en el siglo XI.

Surge la cuestión de qué sucede si una estrella grande sigue colapsando bajo la presión de su propia gravedad. Fuerzas gravitatorias inimaginables exprimirían los electrones en el espacio ya ocupado por los protones. Según el principio de exclusión de Pauli, dos electrones no pueden ocupar el mismo estado de energía en un átomo. Es este principio el que, actuando sobre los neutrones, evita un colapso mayor. En este estadio, la estrella se compone principalmente de neutrones, y de ahí su nombre. Una estrella así tiene un radio muy pequeño, quizás de 10 Km, o 1/700 del radio de una enana roja, y con una densidad más de cien

millones de veces mayor que la de ésta, ya de por sí bastante alta. Una sola caja de cerillas llena de este material pesaría tanto como un asteroide de un kilómetro de diámetro.

Con tal concentración de masa, la atracción gravitatoria de una estrella de neutrones absorbería todo lo que estuviese a su alrededor. La existencia de este tipo de estrellas fue predicha teóricamente, en 1932, por el físico soviético Lev Landau, y posteriormente estudiada en detalle por J. R. Oppenheimer y otros. Durante algún tiempo se dudó si estas estrellas existían. Sin embargo, en 1967, el descubrimiento de púlsares dentro de los restos de una supernova como la nebulosa del Cangrejo dio lugar a la teoría de que los púlsares eran realmente estrellas de neutrones. En esto no hay nada incompatible con los principios del materialismo.

Los púlsares son estrellas pulsantes, es decir, que liberan rápidas explosiones de energía a intervalos regulares. Se estima que sólo en nuestra galaxia puede haber cien mil púlsares, de los cuales ya se han localizado cientos. Se pensó que la fuente de estas potentes ondas de radio era una estrella de neutrones que en teoría debería contar con un inmenso campo magnético. Ante la atracción del campo gravitatorio de una estrella de neutrones, los electrones sólo podrían escaparse por los polos magnéticos y perdiendo energía en forma de ondas de radio. Las pulsos de ondas de radio se podrían explicar por la rotación de la estrella de neutrones. En 1969 se percibió que una tenue estrella de la nebulosa del Cangrejo emitía luz de forma intermitente de acuerdo con los pulsos de microondas. Esta fue la primera observación de una estrella de neutrones. Después, en 1982, se descubrió un púlsar rápido, con pulsaciones veinte veces más rápidas que las de la nebulosa del Cangrejo: 642 veces por segundo.

En los años 60 se descubrieron nuevos objetos con los radiotelescopios: los quásares. A finales de la década se habían descubierto ciento cincuenta —algunos de ellos a unos 9.000 millones de años-luz, asumiendo que el corrimiento al rojo sea correcto—. Para que podamos observar objetos a esa distancia, tienen que ser entre treinta y cien veces más luminosos que una galaxia normal. Y sin embargo parecían ser pequeños. Esto planteaba dificultades, lo que llevó a algunos astrónomos a negarse a aceptar que pudiesen estar tan lejos.

El descubrimiento de los quásares dio un apoyo inesperado a la teoría del *big bang*. La existencia de estrellas colapsadas con un enorme campo gravitatorio planteaba problemas que no se podían resolver con la observación directa. Esto abrió la puerta a una avalancha de especulaciones, incluidas las interpretaciones más peculiares de la teoría general de la relatividad. Como plantea Eric Lerner:

"El *glamour* de los misteriosos quásares atrajo rápidamente a jóvenes investigadores hacia los cálculos cabalísticos de la relatividad general y, de esta manera, hacia problemas cosmológicos, especialmente aquellos de carácter matemático. Después de 1964, el número de artículos sobre cosmología publicados se disparó, pero casi todo ese crecimiento fue en trabajos puramente teóricos (exámenes matemáticos de algunos problemas de la relatividad general, sin hacer ningún esfuerzo por comparar los resultados con las observaciones). Ya en 1964, quizás

cuatro de cada cinco artículos cosmológicos eran teóricos, cuando una década antes sólo lo eran un tercio"[124].

Es necesario distinguir claramente entre agujeros negros, cuya existencia se ha deducido de una interpretación particular de la teoría de la relatividad general, y estrellas de neutrones, que han sido observadas. La idea de los agujeros negros ha capturado la imaginación de millones de personas a través de los escritos de autores como Stephen Hawking. Sin embargo, la existencia de agujeros negros no está universalmente aceptada ni tampoco ha sido demostrada definitivamente. Roger Penrose, en un ensayo basado en una conferencia en la BBC, en 1973, los describe así:

"¿Qué es un agujero negro? A efectos astronómicos se comporta como un pequeño y muy condensado 'cuerpo' oscuro. Pero no es realmente un cuerpo material en el sentido normal de la palabra. No tiene superficie ponderable. Un agujero negro es una región de espacio vacío (aunque extrañamente distorsionado) que actúa como centro de atracción gravitatoria. Hubo *un* tiempo en el que un cuerpo material *estuvo* allí. Pero el cuerpo se contrajo bajo la presión de su propia gravedad. Cuanto más se concentraba el cuerpo sobre su centro, más fuerte se hacía su campo gravitatorio y más incapaz era el cuerpo de impedir un colapso todavía mayor. En un momento dado se alcanzó un punto de no retorno y el cuerpo desapareció dentro de su 'horizonte absoluto de sucesos'.

"Posteriormente diré más acerca de esto, pero para nuestro propósito actual, es el horizonte absoluto de sucesos el que actúa como límite superficial del agujero negro. Esta superficie no es material. Es simplemente una línea de demarcación trazada en el espacio separando una región interna de otra externa. La región interna, en la que el cuerpo ha caído, se define por el hecho de que ninguna materia, luz o señal de ningún tipo puede escapar de ella, mientras que en la región externa todavía es posible que señales o partículas materiales escapen al mundo exterior. La materia que colapsó formando el agujero negro se contrajo hasta alcanzar densidades increíbles, aparentemente incluso ha sido estrujada hasta dejar de existir, alcanzando lo que se conoce como una 'singularidad espacio-tiempo', un lugar en el que las leyes físicas, tal y como las entendemos actualmente, no rigen"[125].

STEPHEN HAWKING

En 1970, Stephen Hawking planteó de que el contenido de energía de un agujero negro podría producir ocasionalmente un par de partículas subatómicas, una de las cuales podría escapar. Esto implica que un agujero negro podría evaporarse, aunque tardaría un tiempo inimaginablemente largo. Al final, según este plantea-

124. *Ibíd*., p. 149.
125. T. Ferris, *op. cit*., p. 204.

miento, explotaría, produciendo una gran cantidad de rayos gamma. Las teorías de Hawking han atraído mucha atención. Su libro *Historia del tiempo: del big bang a los agujeros negros* fue quizás el libro que llamó la atención del público sobre las nuevas teorías cosmológicas. El lúcido estilo del autor hace que ideas complicadas parezcan simples y atractivas. Se lee bien, al igual que muchas obras de ciencia-ficción. Desgraciadamente parece haberse puesto de moda entre los autores de obras populares sobre cosmología aparecer cuanto más místicos, mejor, y plantear las teorías más descabelladas, basadas en la máxima cantidad de especulación y la mínima cantidad de hechos posible. Los modelos matemáticos han desplazado casi por completo a la observación. La filosofía central de esta escuela de pensamiento se resume en el aforismo de Stephen Hawking: "No se puede discutir con un teorema matemático".

Hawking afirma que él y Roger Penrose demostraron (matemáticamente) que la teoría general de la relatividad "implicaba que el universo tenía que tener un principio y, posiblemente, un final". La base de todo esto es tomar la teoría de la relatividad como una verdad absoluta. Sin embargo, paradójicamente, en el momento del *big bang* la teoría de la relatividad, de golpe y porrazo, se hace irrelevante. Deja de aplicarse, como todas las demás leyes de la física, de tal manera que *no se puede decir nada en absoluto sobre el caso*. Nada, es decir, excepto especulación metafísica de la peor especie. Pero volveremos al tema más adelante.

Según esta teoría, el tiempo y el espacio no existían antes del *big bang*, cuando toda la materia del universo estaba supuestamente concentrada en un solo punto infinitesimal, conocido por los matemáticos como *singularidad*. El propio Hawking señala las dimensiones implicadas en esta insólita transacción cosmológica:

"En la actualidad sabemos que nuestra galaxia es sólo una de entre los varios cientos de miles de millones de galaxias que pueden verse con los modernos telescopios, y que cada una de ellas contiene cientos de miles de millones de estrellas. Vivimos en una galaxia que tiene un diámetro aproximado de cien mil años-luz y que está girando lentamente. Las estrellas en los brazos de la espiral giran alrededor del centro con un período de varios cientos de millones de años. Nuestro sol no es más que una estrella amarilla ordinaria, de tamaño medio, situada cerca del centro de uno de los brazos de la espiral. ¡Ciertamente, hemos recorrido un largo camino desde los tiempos de Aristóteles y Tolomeo, cuando creíamos que la Tierra era el centro del universo!"[126].

De hecho, las enormes cantidades de materia aquí mencionadas no nos dan una idea real de la cantidad de materia del universo. A cada momento se están descubriendo nuevas galaxias y supercúmulos, en un proceso que no tiene final. Habremos adelantado mucho desde Aristóteles en algunos aspectos, pero en otros parecemos estar muy por detrás de él. Aristóteles nunca hubiera cometido el error de hablar de un tiempo antes de la existencia del tiempo o de plantear que

126. S. Hawking, *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, pp. 57 y 61-62.

todo el universo ha sido *creado de la nada*. Para encontrar ideas de este tipo tendríamos que retroceder algunos miles de años, al mundo del mito judeo-babilónico de la Creación.

Cuando alguien intenta protestar contra estos procedimientos, inmediatamente se le lleva ante el gran Einstein, de la misma manera que se envía al despacho del director a un estudiante travieso, se le reprende severamente sobre la necesidad de mostrar mayor respeto por la relatividad general, se le informa de que no se puede discutir con teoremas matemáticos y se le envía a casa debidamente castigado. La principal diferencia es que la mayoría de los directores están vivos y Einstein está muerto, y por lo tanto es incapaz de hacer ningún comentario sobre esta particular interpretación de sus teorías. De hecho, en sus escritos no hay ni una sola referencia al *big bang*, los agujeros negros y demás. El propio Einstein, aunque inicialmente tendía al idealismo filosófico, se opuso implacablemente al misticismo en la ciencia. Se pasó las últimas décadas de su vida luchando contra el idealismo subjetivo de Heisenberg y Bohr, y de hecho se acercó bastante a una posición materialista. Ciertamente estaría bastante horrorizado de las conclusiones místicas que se han sacado de sus teorías. He aquí un buen ejemplo:

"Todas las soluciones de Friedmann tienen el denominador común de que en algún tiempo pasado (entre diez y veinte mil millones de años) la distancia entre galaxias vecinas tuvo que haber sido cero. En aquel instante, que llamamos *big bang*, la densidad del universo y la curvatura del espacio-tiempo habrían sido infinitas. Dado que las matemáticas no pueden manejar realmente números infinitos, esto significa que la teoría de la relatividad general (en la que Friedmann basa sus soluciones) predice que hay un punto en el universo en donde la teoría en sí colapsa. Tal punto es un ejemplo de lo que los matemáticos llaman una singularidad. En realidad, todas nuestras teorías científicas están formuladas bajo la suposición de que el espacio-tiempo es uniforme y casi plano, de manera que dejan de ser aplicables en la singularidad del *big bang*, en donde la curvatura del espacio-tiempo es infinita. Ello significa que, aunque hubiera acontecimientos anteriores al *big bang*, no se podrían utilizar para determinar lo que sucedería después, ya que toda capacidad de predicción fallaría en el *big bang*. Igualmente, si, como es el caso, sólo sabemos lo que ha sucedido después del *big bang*, no podremos determinar lo que sucedió antes. Desde nuestro punto de vista, los sucesos anteriores al *big bang* no pueden tener consecuencias, por lo que no deberían formar parte de los modelos científicos del universo. Así pues, deberíamos extraerlos de cualquier modelo y decir que el tiempo tiene su principio en el *big bang*".

Pasajes de este tipo nos recuerdan la acrobacia intelectual de los escolásticos medievales discutiendo sobre el sexo de los ángeles o el número de ellos que podrían bailar en la punta de un alfiler. Esto no hay que tomarlo como un insulto. Si la validez del argumento se determina por su *consistencia interna*, los argumentos de los escolásticos eran tan válidos como este. No eran tontos, sino lógicos y matemáticos muy cualificados que erigieron construcciones teóricas tan elaboradas y perfectas, a su manera, como las catedrales medievales. Todo lo que había que

hacer era aceptar sus premisas, y todo encajaba. El problema es si la premisa inicial es correcta o no. Este es el problema general de toda la matemática, y su principal debilidad. Y toda esta teoría se basa principalmente en la matemática:

"En el tiempo que llamamos *big bang*...", pero si *no había tiempo*, ¿cómo nos podemos referir a él como "el tiempo"? Se plantea que el tiempo *empezó* en ese punto. Entonces, ¿qué había antes del tiempo? ¡Un tiempo en el que no había tiempo! La contradicción de esta idea es evidente. Tiempo y espacio son el modo de existencia de la materia. Si no había tiempo ni espacio ni materia, entonces, ¿qué había? ¿Energía? Pero la energía, como explica Einstein, sólo es otra manifestación de la materia. ¿Un campo de fuerza? Pero un campo de fuerza también es energía, con lo cual no resolvemos nada. La única manera de librarnos del tiempo es si antes del *big bang* no había... *nada*.

El problema es: ¿cómo es posible pasar de nada a algo? Si uno es religioso, no hay problema: Dios creó el universo de la nada. Esta es la doctrina de la Iglesia Católica, la creación *ex nihilo*. Hawking se da cuenta de ello, lo que le resulta bastante incómodo, como evidencia la siguiente línea de su libro:

"A mucha gente no le gusta la idea de que el tiempo tenga un principio, probablemente porque suena a intervención divina. (La Iglesia católica, por el contrario, se apropió del modelo del *big bang* y en 1951 proclamó oficialmente que estaba de acuerdo con la Biblia)".

Hawking no quiere aceptar la conclusión, pero es inevitable. Todo este lío parte de un concepto filosóficamente incorrecto del tiempo. Einstein es en parte responsable de ello, dado que, al confundir la medición del tiempo con el tiempo en sí, pareció introducir un elemento subjetivo. Una vez más, vemos cómo la reacción contra la vieja mecánica newtoniana se lleva a un extremo. La cuestión no es si el tiempo es relativo o absoluto, sino si es *objetivo* o *subjetivo;* si el tiempo es el modo de existencia de la materia o un mero concepto de la mente determinado por el observador. Hawking opta claramente por la segunda visión:

"Las leyes de Newton del movimiento acabaron con la idea de una posición absoluta en el espacio. La teoría de la relatividad elimina el concepto de un tiempo absoluto. Consideremos un par de gemelos. Supongamos que uno de ellos se va a vivir a la cima de una montaña mientras el otro permanece al nivel del mar. El primer gemelo envejecerá más rápidamente que el segundo. Así, si volvieran a encontrarse, uno sería más viejo que el otro. En este caso, la diferencia de edad sería muy pequeña, pero sería mucho mayor si uno de los gemelos se fuera de viaje en una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando volviera, sería mucho más joven que el que se quedó en la Tierra. Esto se conoce como la paradoja de los gemelos, pero sólo es una paradoja si uno tiene siempre metida en la cabeza la idea de un tiempo absoluto. En la teoría de la relatividad no existe un tiempo absoluto único, sino que cada individuo posee su propia medida personal del tiempo, medida que depende de dónde está y de cómo se mueve"[127].

127. *Ibíd*., pp.73-74 y 55-56.

No se discute que haya un aspecto subjetivo en la medición del tiempo. Medimos el tiempo según un marco de referencia determinado, que puede variar, y de hecho varía, de un sitio a otro. La hora de Londres es diferente de la de México o Madrid. Pero esto no significa que el tiempo sea puramente subjetivo. Los procesos objetivos del universo tienen lugar seamos capaces de medirlos o no. Tiempo, espacio y movimiento son inherentes a la materia y no tienen principio ni fin.

Aquí es interesante ver lo que Engels planteaba sobre el tema: "El 'ser de Hegel cuyo pasado se ha desenvuelto atemporalmente' y el 'ser inmemorial' neoschellingiano son incluso nociones racionales, comparados con este ser fuera del tiempo. Por eso el señor Dühring procede, en efecto, muy cautelosamente: se trata realmente de un tiempo, pero de un tiempo al que en el fondo no debe llamarse tal, pues naturalmente que el tiempo en sí no consta de partes reales, sino que es nuestro entendimiento el que lo divide arbitrariamente; sólo un conjunto de cosas distintas que ocupen el tiempo pertenece a lo enumerable, y no se sabe qué puede significar la acumulación dc una duración vacía. No es aquí del todo indiferente, en efecto, lo que puede significar esa acumulación; lo que se pregunta es si el mundo en el estado presupuesto por el señor Dühring dura, recorre un lapso de tiempo. Sabemos hace mucho tiempo que no puede obtenerse ningún resultado midiendo una duración sin contenido, como tampoco se conseguirá nada haciendo mediciones sin finalidad y sin objetivo en un espacio vacío; precisamente por eso, por esa ociosidad del procedimiento, Hegel llamaba *mala* a esa infinitud"[128].

¿EXISTEN LAS SINGULARIDADES?

Un agujero negro y una singularidad no son lo mismo. No hay nada en principio que excluya la existencia de agujeros negros estelares, en el sentido de estrellas masivas colapsadas en las que la fuerza de la gravedad es tan enorme que ni siquiera la luz puede escapar de su superficie. Incluso la idea no es nueva. Fue predicha en el siglo XVIII por John Mitchell, que planteó que una estrella suficientemente grande atraparía la luz. Llegó a esta conclusión basándose en la teoría clásica de la gravedad. La relatividad general no entraba aquí para nada.

Sin embargo, la teoría planteada por Hawking y Penrose va más allá de los hechos observados y, como hemos visto, saca conclusiones que tienden a todo tipo de misticismo, incluso si esa no era su intención. Eric Lerner considera que los argumentos a favor de los agujeros negros supermasivos en el centro de las galaxias son débiles. Junto con Peratt, ha demostrado que todas las características asociadas con estos agujeros negros supermasivos, quásares, etc. se pueden explicar mejor a través de fenómenos electromagnéticos. Sin embargo, piensa que la evidencia de la existencia de agujeros negros de tamaño estelar es mucho más fuer-

128. Engels, *Anti-Dühring*, p. 54.

te si se considera la detección de fuentes de rayos X muy intensas, demasiado grandes como para ser estrellas de neutrones. Pero incluso en este caso las observaciones están lejos de demostrarlo.

Las abstracciones matemáticas son herramientas muy útiles para comprender el universo, a condición de que no se pierda de vista que incluso la mejor abstracción matemática es sólo una aproximación a la realidad. El problema empieza cuando se comienza a confundir el modelo con la cosa en sí. El propio Hawking revela la debilidad de su método en el pasaje citado. *Supone*, sin darnos las razones para ello, que la densidad del universo en el punto del *big bang* era infinita, y después añade, en una línea de argumentación bastante peculiar, que "debido a que las matemáticas no pueden realmente tratar con números infinitos" la teoría de la relatividad se rompe en este punto. A lo que hay que añadirle "y todas las leyes conocidas de la física", puesto que el *big bang* no solamente rompe la relatividad general, sino toda la ciencia. No es sólo que no sepamos qué ocurrió antes de él, sino que *no podemos* saberlo.

Esto es una vuelta a la teoría de Kant de la *cosa en sí* incognoscible. En el pasado, correspondió a la religión y a ciertos filósofos idealistas, como Hume y Kant, poner límites al conocimiento humano. En el momento en que no se permite avanzar a la inteligencia humana, empieza el misticismo, la religión y la irracionalidad. Pero la historia de la ciencia es la historia de cómo se derribó una barrera tras otra. Lo supuestamente incognoscible para una generación, se convertía en un libro abierto para la siguiente. Toda la ciencia se basa en la idea de que podemos conocer el universo. Ahora, por primera vez, los científicos están poniendo límites al conocimiento, algo totalmente extraordinario y que refleja la triste situación actual de la física teórica y la cosmología.

Consideremos las implicaciones del pasaje anterior: 1) puesto que las leyes de la ciencia, incluida la relatividad general (que se supone es la base de toda la teoría), dejan de aplicarse en el *big bang*, es imposible saber qué sucedió antes, si es que sucedió algo; 2) incluso si hubiese habido acontecimientos antes del *big bang*, no afectan a lo que pasó después; 3) puesto que no podemos conocer nada sobre ello, simplemente "lo sacaremos del modelo y diremos que el tiempo empezó en el *big bang*".

El aire de autosuficiencia con que se hacen estas afirmaciones realmente nos deja con la boca abierta. Se nos pide que aceptemos un límite absoluto a nuestra capacidad de comprender los problemas más fundamentales de la cosmología, de hecho, que no hagamos preguntas (porque todas las preguntas sobre el "tiempo antes del tiempo" no tienen sentido) y que aceptemos sin más que el tiempo empezó con el *big bang*. De esta manera, Stephen Hawking presupone lo que hay que demostrar. Los teólogos aseguran que Dios creó el universo, y cuando se les pregunta que quién creó a Dios responden de la misma manera: ésa cuestión está más allá de las mentes de los mortales. Sin embargo, en algo sí podemos estar de acuerdo: todo esto "huele a intervención divina". De hecho, la requiere necesariamente.

En su polémica con Dühring, Engels plantea que es imposible que el movimiento pueda surgir de la inmovilidad, que *algo* surja de la *nada:* "Sin acto de creación no podemos pasar de nada a algo, aunque el algo sea tan pequeño como un infinitésimo matemático"[129]. La principal defensa de Hawking parece ser que la teoría alternativa del estado estacionario se demostró falsa. Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, nunca hubo mucho que elegir entre ambas teorías. De hecho, la del estado estacionario, que sugería que la materia se estaba creando en el espacio continuamente de la nada, era, si cabe, incluso más mística que su rival. El mero hecho de que hubiese científicos que la tomasen en serio es una condena de la confusión filosófica que ha perturbado a la ciencia durante tanto tiempo.

Los antiguos ya comprendían que de la nada no puede surgir nada. Esto es precisamente lo que expresa una de las leyes más fundamentales de la física, la ley de la conservación de la energía. El planteamiento de Hoyle de que sólo era aplicable a pequeñas cantidades, no mejora la cuestión. Es un poco como la ingenua jovencita que para aplacar la ira de su padre, que se enteró de que iba a tener un hijo, le aseguró que sólo era "uno pequeño". Ni la más mínima partícula de materia (o energía, que es lo mismo) se puede crear ni destruir, y por lo tanto la teoría del estado estacionario estaba condenada desde el principio.

La teoría de la "singularidad" de Penrose en un principio no tenía nada que ver con el origen del universo. Simplemente planteaba que una estrella que colapsase sobre su propia gravedad quedaría atrapada en una región cuya superficie en un momento dado se contraía hasta un tamaño cero. Sin embargo, en 1970, publicó con Hawking un artículo en el que pretendían haber demostrado que el propio *big bang* era una "singularidad" de este tipo, partiendo de la base que "la relatividad general es correcta y el universo contiene tanta materia como la que observamos".

"Hubo una fuerte oposición a nuestro trabajo por parte de los rusos, debido a su creencia marxista en el determinismo científico, y por parte de la gente que creía que la idea en sí de las singularidades era repugnante y estropeaba la belleza de la teoría de Einstein. No obstante, uno no puede discutir con un teorema matemático. Así, al final, nuestro trabajo llegó a ser generalmente aceptado y, hoy en día, casi todo el mundo supone que el universo comenzó con una singularidad como la del *big bang*".

La relatividad general ha demostrado ser una herramienta muy potente, pero toda teoría tiene sus límites, y nos da la sensación de que ésta está siendo llevada a los suyos. Es imposible decir cuánto tiempo más puede perdurar antes de ser sustituida por otra más amplia y exacta, pero lo que está claro es que la actual interpretación ha llevado a un callejón sin salida. Nunca sabremos la cantidad total de materia del universo porque es ilimitada. Están tan enredados en ecuaciones matemáticas, que se olvidan de la realidad. En la práctica, las ecuaciones han sustituido a la realidad.

129. *Ibíd*, p. 57.

Después de convencer a mucha gente de que "uno no puede discutir con un teorema matemático", a la postre Hawking cambió de opinión: "Resulta por eso irónico que, al haber cambiado mis ideas, esté tratando ahora de convencer a los otros físicos de que no hubo en realidad singularidad al principio del universo. Como veremos más adelante, ésta puede desaparecer una vez que los efectos cuánticos se tienen en cuenta". El carácter arbitrario de todo el método se demuestra por el extraordinario cambio de opinión de Hawking. Ahora afirma que no hay singularidad en el *big bang*. ¿Por qué? ¿Qué ha cambiado? No hay más evidencias reales que antes. Todos estos giros y cambios tienen lugar dentro del mundo de las abstracciones matemáticas.

La teoría de los agujeros negros de Hawking representa una extensión de la idea de la singularidad a zonas concretas del universo. Está llena de los elementos más contradictorios y místicos. Tomemos el siguiente pasaje, que describe el extraordinario escenario de un astronauta que cayera en un agujero negro:

"El trabajo que Roger Penrose y yo hicimos entre 1965 y 1970 demostró que, de acuerdo con la relatividad general, debe haber una singularidad de densidad y curvatura del espacio-tiempo infinitas dentro de un agujero negro. La situación es parecida al *big bang* al principio del tiempo, sólo que sería el final, en vez del principio del tiempo, para el cuerpo que se colapsa y para el astronauta. En esta singularidad, tanto las leyes de la ciencia como nuestra capacidad de predecir el futuro fallarían totalmente. No obstante, cualquier observador que permaneciera fuera del agujero negro no estaría afectado por este fallo de capacidad de predicción, porque ni la luz ni cualquier otra señal podrían alcanzarle desde la singularidad. Este hecho notable llevó a Roger Penrose a proponer la hipótesis de la censura cósmica, que podría parafrasearse como 'Dios detesta una singularidad desnuda'. En otras palabras, las singularidades producidas por un colapso gravitatorio sólo ocurren en sitios, como los agujeros negros, en donde están decentemente ocultas por un horizonte de sucesos, para no ser vistas desde fuera. Estrictamente, esto es lo que se conoce como la hipótesis débil de la censura cósmica: protege a los observadores que se quedan fuera del agujero negro de las consecuencias de la crisis de predicción que ocurre en la singularidad, pero no hace nada por el pobre desafortunado astronauta que cae en el agujero"[130].

El que lo entienda, que nos lo explique. No contentos con el principio (y el final) del tiempo en su conjunto, ahora Penrose y Hawking descubren numerosas partes del universo en las que ¡el tiempo ya ha terminado! A pesar de que la evidencia de la existencia de los agujeros negros es muy débil, parece bastante probable que exista algún fenómeno de este tipo, en forma de estrellas colapsadas con tremendas concentraciones de materia y gravedad. Pero parece bastante dudoso que este colapso gravitatorio pueda nunca llegar al grado de singularidad, y mucho menos quedarse en ese estado para siempre. Mucho antes de que se alcanzase, tal enorme concentración de energía provocaría una explosión masiva.

130. S. Hawking, *op. cit*., pp. 78 y 124.

Todo el universo es una prueba de que el proceso de cambio no tiene fin a ningún nivel. Zonas enormes pueden estar expandiéndose mientras otras se contraen. Largos períodos de equilibrio aparente interrumpidos por violentas explosiones, como las de las supernovas, que a su vez proporcionan la materia prima para la formación de nuevas galaxias, que es un proceso continuo. No hay desaparición ni creación de la materia, sino el continuo e incesante cambio de un estado a otro. Por tanto, no se puede plantear el "fin del tiempo", ni en un agujero negro ni en ninguna otra parte.

UNA ABSTRACCIÓN VACÍA

Toda la noción mística se deriva de la interpretación subjetivista del tiempo, que lo hace dependiente de ("relativo a") un observador. Pero el tiempo es un fenómeno objetivo. La necesidad de introducir al pobre astronauta en el esquema no surge de ninguna necesidad científica, sino que es producto de un enfoque filosófico concreto, pasado de contrabando bajo la bandera de la teoría de la relatividad. Para que el tiempo sea "real", se necesita un *observador* que pueda interpretarlo. ¡Se supone que si no hay observador no hay tiempo! En un razonamiento de lo más peculiar, el observador está protegido contra la influencia maligna del agujero negro por una hipótesis arbitraria, una "censura cósmica débil", lo que quiera que esto signifique. Sin embargo, dentro del agujero no hay tiempo. En el exterior el tiempo existe, pero un poco más allá ya no. En la frontera entre los dos estados tenemos un misterioso *horizonte de sucesos* cuya naturaleza permanece en la oscuridad.

Al final parece que tenemos que abandonar toda esperanza de conocer qué hay más allá del horizonte de sucesos, ya que, citando a Hawking, está "decentemente escondido de la vista". Aquí tenemos el equivalente moderno de la *cosa en sí* kantiana, y al igual que ella, al final parece que no es tan difícil de entender: es una visión idealista mística del tiempo y el espacio, metida en un modelo matemático y confundida con la realidad.

Tiempo y espacio son las propiedades más fundamentales de la materia. Más correctamente, son el modo de existencia de la materia. Kant ya planteó que, si dejamos aparte las propiedades físicas de la materia, sólo nos queda tiempo y espacio. Pero esto en realidad es una abstracción vacía. Tiempo y espacio no pueden existir separadamente de las propiedades físicas de la materia, de la misma manera que no se puede comer "fruta" en abstracto —a diferencia de naranjas o manzanas concretas— ni hacer el amor con el género humano. Se ha acusado a Marx, sin ninguna base real, de concebir la historia como un proceso ajeno a la participación consciente de las personas, como un mero resultado de las fuerzas económicas, o alguna tontería por el estilo. En realidad Marx planteó claramente que la Historia no puede hacer nada y que son los seres humanos los que la escriben, aunque no totalmente de acuerdo con su "libre voluntad".

Hawking, Penrose y muchos otros son culpables precisamente del error que se atribuye falsamente a Marx. En lugar de la abstracción vacía de la Historia, que en efecto se personifica y toma vida propia, tenemos una abstracción igualmente vacía del Tiempo, concebido como una entidad independiente que nace y muere y que hace todo tipo de trucos con su amigo el Espacio, que surge y colapsa y se dobla, un poco como un borracho cósmico, y acaba tragándose a los desventurados astronautas que caen en un agujero negro.

Este tipo de cosas están bien para la ciencia-ficción, pero no sirven para comprender el universo. Existen enormes dificultades prácticas para obtener información precisa sobre, por ejemplo, las estrellas de neutrones. En cierto sentido, con relación al universo, nos encontramos en una posición en líneas generales análoga a la de los hombres y mujeres primitivos respecto a los fenómenos naturales. Sin información adecuada, intentamos encontrar una explicación racional a cosas difíciles y oscuras. Sólo nos quedan nuestros propios recursos: la imaginación y la mente. Las cosas parecen misteriosas cuando no las entendemos. Para comprender es necesario hacer hipótesis. Algunas serán erróneas. Esto en sí mismo no representa un problema. Toda la historia de la ciencia está llena de ejemplos de cómo hipótesis incorrectas llevaron a descubrimientos importantes.

Sin embargo, tenemos el deber de intentar asegurar que las hipótesis tienen un carácter razonablemente racional. Aquí se hace inevitable el estudio de la filosofía. ¿Necesitamos retroceder a los mitos primitivos y la religión para poder entender el universo? ¿Necesitamos revivir las desacreditadas nociones del idealismo, que poseen claras concomitancias míticas y religiosas? ¿Es necesario volver a inventar la rueda? "No se puede discutir con un teorema matemático". Quizás no. Pero ciertamente es posible discutir con premisas filosóficas falsas y una interpretación idealista del tiempo, que llevan a conclusiones como ésta:

"Existen algunas soluciones de las ecuaciones de la relatividad general en las que le es posible al astronauta ver una singularidad desnuda: él puede evitar chocar con la singularidad y, en vez de esto, caer a través de un 'agujero de gusano', para salir en otra región del universo. Esto ofrecería grandes posibilidades de viajar en el espacio y en el tiempo, aunque desafortunadamente parece ser que estas soluciones son altamente inestables; la menor perturbación, como, por ejemplo, la presencia del astronauta, puede cambiarlas, de forma que el astronauta podría no ver la singularidad hasta que chocara con ella, momento en el que encontraría su final. En otras palabras, la singularidad siempre estaría en su futuro y nunca en su pasado. La versión fuerte de la hipótesis de la censura cósmica nos dice que las singularidades siempre estarán, o bien enteramente en el futuro, como las singularidades de colapsos gravitatorios, o bien enteramente en el pasado, como el *big bang*. Es muy probable que se verifique alguna de las versiones de la censura cósmica, porque cerca de singularidades desnudas puede ser posible viajar al pasado. Aunque esto sería atractivo para los

escritores de ciencia-ficción, significaría que nuestras vidas nunca estarían a salvo: ¡alguien podría volver al pasado y matar a tu padre o a tu madre antes de que hubieras sido concebido!"[131].

Los viajes en el tiempo pertenecen a las páginas de la ciencia-ficción, donde pueden ser fuente de un entretenimiento inocuo. Pero estamos convencidos de que nadie debería preocuparse por que su existencia esté amenazada por que algún desconsiderado viajero del tiempo pueda cargarse a su abuela. Francamente, uno sólo tiene que hacerse la pregunta para darse cuenta de que es totalmente absurda. El tiempo sólo se mueve en una dirección, del pasado al futuro, y no se puede invertir. Sea lo que sea lo que nuestro amigo el astronauta se encuentre al fondo del agujero negro, lo que no encontrará es que el tiempo se da la vuelta o se detiene (excepto en el sentido de que, puesto que inmediatamente la fuerza de la gravedad lo haría pedazos, el tiempo, junto con muchas otras cosas, se acabará *para él*).

Ya hemos comentado la tendencia a confundir ciencia con ciencia-ficción. También nos podemos dar cuenta de que parte de la ciencia-ficción está impregnada por un espíritu semirreligioso, místico e idealista. Hace tiempo, Engels señaló que los científicos que rechazan la filosofía frecuentemente caen víctimas de todo tipo de misticismos. Engels escribió un artículo sobre este tema titulado *La ciencia natural y el mundo de los espíritus*, del cual sacamos este extracto:

"Esta escuela predomina en Inglaterra. Ya su padre, el muy alabado Francis Bacon, había presentado la exigencia de que su nuevo método empírico, inductivo, se aplicara para lograr, ante todo: la prolongación de la vida, el rejuvenecimiento (...) en cierta medida; el cambio de estatura y de las facciones, la transformación de un cuerpo en otro, la producción de nuevas especies, el dominio del aire y la producción de tormentas. Se queja de que tales investigaciones se hayan abandonado, y en su historia natural ofrece recetas definidas para producir oro y ejecutar diversos milagros. De la misma manera, en su vejez Isaac Newton se afanó por exponer la Revelación de San Juan. De manera que no debe sorprender que en los últimos años el empirismo inglés, en la persona de algunos de sus representantes (y no los peores), parezca haber caído víctima, sin remedio, de la invocación y visión de espíritus, importadas de Norteamérica"[132].

Sin duda, Stephen Hawking y Roger Penrose son personas brillantes. El problema es que, si partes de una premisa falsa, inevitablemente sacas conclusiones falsas. Hawking se siente incómodo con la idea de que se puedan sacar conclusiones religiosas de sus teorías. Menciona que, en 1981, asistió a una conferencia sobre astronomía en el Vaticano, organizada por los jesuitas, y comenta:

"La Iglesia católica había cometido un grave error con Galileo, cuando trató de sentar cátedra en una cuestión de ciencia, al declarar que el Sol se movía alrededor de la Tierra. Ahora, siglos después, había decidido invitar a un grupo de

131. *Ibíd*., pp. 124-25.
132. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 49.

expertos para que la asesorasen sobre cosmología. Al final de la conferencia, a los participantes se nos concedió una audiencia con el Papa. Nos dijo que estaba bien estudiar la evolución del universo después del *big bang* pero que no debíamos indagar en el *big bang* mismo, porque se trataba del momento de la Creación y por lo tanto de la obra de Dios. Me alegré entonces de que no conociese el tema de la charla que yo acababa de dar en la conferencia: la posibilidad de que el espacio-tiempo fuese finito pero no tuviese ninguna frontera, lo que significaría que no hubo ningún principio, ningún momento de creación. ¡Yo no tenía ningún deseo de compartir el destino de Galileo, con quien me siento fuertemente identificado en parte por la coincidencia de haber nacido exactamente 300 años después de su muerte!"[133].

Hawking intenta trazar una línea divisoria entre él y los creacionistas, pero no tiene mucho éxito. ¿Cómo puede ser que el universo sea finito y no tenga fronteras? En matemáticas es posible tener una serie infinita de números que empiece por 1. Pero en la práctica, la idea de infinito no puede empezar por 1 ni por ningún otro número. El infinito no es un concepto matemático, no se puede contar. Este "infinito" unidireccional es lo que Hegel llamó *mal infinito*. Engels trata este tema en su polémica con Dühring:

"Pero, ¿qué hay de la contradicción de las 'sucesiones numéricas infinitas y sin embargo contadas'? Podremos estudiarla mejor en cuanto que el señor Dühring nos exhiba la habilidad de *contarlas*. En cuanto que haya conseguido contar de $-\infty$ (menos infinito) hasta cero podrá volver a adoctrinamos. Está claro que, empiece a contar por donde empiece, dejará a sus espaldas una sucesión infinita, y, con ella, la tarea que tiene que resolver. Que invierta su propia sucesión infinita $1 + 2 + 3 + 4...$ e intente contar desde el final infinito hasta el uno; se trata obviamente del intento de un hombre que no ve de qué se trata. Aún más. Cuando el señor Dühring afirma que la serie infinita del tiempo transcurrido está contada, afirma con eso que el tiempo tiene un comienzo, pues en otro caso no podría empezar siquiera a 'contar'. Por tanto, está siempre dando como presupuesto lo que tiene que probar. La idea de la sucesión infinita y sin embargo enumerada, o, dicho de otro modo, la ley dühringuiana universal de la cantidad discreta determinada, es, pues, una *contradictio in adjecto*, contiene una contradicción en sí misma, y más precisamente una contradicción *absurda*.

"Está claro que la infinitud que tiene un final pero no tiene un comienzo no es ni más ni menos infinita que la que tiene un comienzo y no tiene un final. La más modesta comprensión dialéctica habría debido decir al señor Dühring que el comienzo y el final van necesariamente juntos como el Polo Norte y el Polo Sur, y que cuando se prescinde del final el comienzo se convierte en final, es decir, en *un* final de la sucesión, y a la inversa. Toda esa ilusión sería imposible sin la costumbre matemática de operar con sucesiones infinitas. Como en la matemática hay que partir de lo determinado y finito para llegar a lo indeterminado y desprovisto de

133. S. Hawking, *op. cit*., p. 156.

final, todas las sucesiones matemáticas, positivas o negativas, tienen que empezar con un uno para poder calcular con ellas. Pero la necesidad ideal del matemático está muy lejos de ser una ley necesaria y constrictiva del mundo real"[134].

Stephen Hawking ha llevado su especulación relativista hasta el extremo en su trabajo sobre los agujeros negros, metiéndonos directamente en el reino de la ciencia-ficción. En un intento de dar la vuelta a la espinosa cuestión de qué pasó antes del *big bang*, se ha planteado la idea de "universos bebés" naciendo todo el tiempo y conectados entre sí por los llamados "agujeros de gusano". Como Lerner comenta irónicamente: "Es una visión que parece exigir alguna forma de control de natalidad cósmico"[135]. Resulta realmente asombroso que científicos serios puedan dar por buenas ideas tan grotescas.

La idea de un "universo finito sin fronteras" es otra abstracción matemática que no se corresponde con la realidad de un universo infinito y en constante cambio. Una vez que se adopta este punto de vista, no hay necesidad de especulaciones místicas sobre agujeros de gusano, singularidades, supercuerdas y todo lo demás. En un universo infinito no hay que buscar un principio y un final, sino simplemente trazar el proceso sin fin de movimiento, cambio y desarrollo. Esta concepción dialéctica no deja cabida a Cielo ni Infierno, Dios ni Diablo, Creación ni Juicio Final. No se puede decir lo mismo de Hawking que, como era de esperar, acaba intentando "conocer la mente de Dios".

Los reaccionarios se frotan las manos ante este espectáculo y utilizan la actual corriente de oscurantismo en la ciencia para sus propios fines. William Rees-Mogg escribe: "Pensamos que es extremadamente probable que el movimiento religioso que podemos observar en muchas sociedades de todo el globo se fortalezca si pasamos por un período económicamente muy difícil. La religión se fortalecerá porque el actual empuje de la ciencia ya no mina la concepción religiosa de la realidad. De hecho, por primera vez en siglos, en realidad la refuerza"[136].

PENSAMIENTOS EN EL VACÍO

Algunas veces he creído hasta seis
cosas imposibles antes del desayuno
Lewis Carroll

Con el hombre esto es imposible,
mas con Dios todas las cosas son posibles
Mateo, 19:26

Nada se puede crear de la nada
Lucrecio

134. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 52-53.
135. E. J. Lerner, *op. cit*., p. 161.
136. W. Rees-Mogg y J. Davidson, *op. cit*., p. 447.

Justo antes de acabar de escribir este libro hemos encontrado la última contribución a la cosmología del *big bang*, aparecida en *The New Scientist* el 25 de febrero de 1995. En un artículo de Robert Matthews titulado *Nothing like a Vacuum* (Nada como un vacío), leemos lo siguiente: "Te rodea por todas partes pero no lo puedes notar. Es la fuente de todo, pero es nada".

¿Qué es esta cosa tan sorprendente? Un *vacío*. ¿Qué es un vacío? El diccionario lo define como "espacio falto de contenido físico". Este era el caso hasta ahora, pero ya no lo es. El humilde vacío, en palabras de Matthews, se ha convertido en "uno de los temas más candentes de la física contemporánea".

"Está demostrando ser una tierra de las maravillas de efectos mágicos: campos de fuerza que surgen de la nada, partículas burbujeantes que aparecen y desaparecen y agitaciones nerviosas sin fuente aparente".

Gracias a Heisenberg y a Einstein (¡pobre Einstein!), "nos damos cuenta asombrados de que a nuestro alrededor partículas subatómicas 'virtuales' aparecen perpetuamente de la nada y desaparecen de nuevo en unos 10^{-23} segundos. Por lo tanto, el 'espacio vacío' no está realmente vacío, sino que es un mar hirviendo de actividad que se extiende por todo el universo". Esto es cierto y falso. Es cierto que todo el universo está lleno de materia y energía, de partículas, radiación y campos de fuerza; y que las partículas cambian constantemente y que algunas tienen una vida tan fugaz que se les denomina virtuales. No hay nada asombroso en estas ideas, conocidas desde hace décadas.

Pero es totalmente falso que de la nada pueda surgir algo, como repiten una y otra vez los que intentan introducir el idealismo en la física. Esta idea contradice todas las leyes conocidas de la física, incluida la física cuántica. ¡Sin embargo, aquí nos encontramos con la idea fantástica de que se puede obtener energía literalmente de la nada! Esto es como los intentos de descubrir el movimiento *perpetuo*, que ya fueron ridiculizados en el pasado.

La física moderna empezó por rechazar la vieja idea del éter. La teoría especial de la relatividad de Einstein demostró que la luz puede viajar a través del vacío y que no necesita un medio especial. Increíblemente, después de citar a Einstein como autoridad (algo tan obligatorio hoy en día como santiguarse al salir de la iglesia, e igual de inútil), Matthews pasa a introducir de nuevo el éter en la física:

"Esto no significa que no pueda existir un fluido universal, sino que este fluido tiene que cumplir las leyes de la relatividad especial. El vacío no está forzado a ser simplemente fluctuaciones cuánticas alrededor de un estado medio de verdadera nada. Puede ser una fuente de energía permanente, diferente de cero en el universo".

Bien, ¿qué se supone que quiere decir exactamente todo esto? Hasta ahora se nos ha hablado sobre nuevos desarrollos "asombrosos" en la física, "tierras de las maravillas" de partículas, y se nos ha asegurado que el vacío posee suficiente energía como para solucionar todas nuestras necesidades. Pero el artículo no aporta nada nuevo. Es muy largo en afirmaciones pero muy corto en hechos. Quizás

fuese la intención del autor compensar la falta de información con la oscuridad en la expresión. Cualquiera puede preguntarse: ¿Qué significa "una fuerza de energía permanente diferente de cero"? ¿Y "un estado medio de verdadera nada"? Si lo que se quiere decir es que es un vacío real, entonces hubiera sido preferible decirlo en dos palabras sencillas en lugar de seis complicadas. Este tipo de enredos deliberados normalmente se usan para encubrir un embrollo mental, especialmente en este terreno. ¿Por qué no hablar claramente? A menos que lo que tengamos sea una verdadera "nada"... de contenido.

Todo el propósito del artículo es demostrar que un vacío crea cantidades ilimitadas de energía de la nada. La única "prueba" de esto es un par de referencias a las teorías de la relatividad especial y general, que se utilizan regularmente como perchero para colgar de ellas cualquier hipótesis arbitraria. "La relatividad especial exige que las propiedades del vacío parezcan las mismas para todos los observadores, independientemente de su velocidad. Para que esto sea cierto, la presión del 'mar' vacío tiene que ser tal que anule exactamente la energía de su densidad. Es una condición que parece bastante inocente, pero que tiene algunas consecuencias asombrosas. Por ejemplo significa que una zona concreta de energía de vacío retiene la misma densidad de energía, independientemente de lo que se expanda la zona. Esto es raro, por decir poco. Comparémoslo con el comportamiento de un gas normal, cuya densidad de energía decrece en la medida en que aumenta su volumen. Es como si el vacío tuviese una reserva constante de energía".

En primer lugar, nos damos cuenta de que lo que hace un par de líneas era sólo un hipotético "fluido universal", ahora se ha convertido en un "mar" vacío *real*, aunque nadie está seguro de dónde sale toda esa "agua". Esto es extraño, por decir poco. Aceptemos, como el autor, lo que todavía está por demostrar, y aceptemos la existencia de ese vasto océano de nada. Parece que esta "nada" no es solamente "algo", sino algo bastante sustancial. Como por arte de magia, se llena de energía de una "reserva constante". Este es el equivalente cosmológico de la cornucopia, el cuerno de la abundancia de las mitologías griega e irlandesa, un misterioso cuerno para beber que nunca se vaciaba: era un regalo de los dioses. Ahora Matthews nos quiere regalar algo que convierte el cuerno de la abundancia en un juego de niños.

Si la energía entra en el vacío, tiene que venir de alguna parte fuera de él. Esto está bastante claro, ya que el vacío no puede existir aisladamente de la materia y energía. La idea de un espacio vacío sin materia tiene tan poco sentido como la idea de la materia sin espacio. No hay nada en la Tierra parecido al vacío perfecto. Lo más parecido es el espacio, pero tampoco está vacío. Hannes Alfvén señaló ya hace décadas que estaba plagado de redes de corrientes eléctricas y campos magnéticos llenos de filamentos de plasma. Esto no fue un resultado de la especulación o de apelaciones a la teoría de la relatividad, sino de la observación, incluida la de las sondas *Voyager* y *Pioneer*, que detectaron esas corrientes y filamentos alrededor de Júpiter, Saturno y Urano.

Por tanto, hay bastante energía en el espacio, pero en absoluto el tipo de energía de la que habla Matthews. En su "mar vacío", la energía viene *directamente del vacío*. ¡No se necesita materia! Esto es mucho mejor que sacarse un conejo de la chistera. Al fin y al cabo, todos sabemos que el conejo sale de algún sitio, pero esta energía no viene de ninguna parte. Viene del vacío, por cortesía de la teoría de la relatividad general: "Una de las características clave de la teoría general de la relatividad de Einstein es que la masa no es la única fuente de gravedad. En particular, la presión tanto positiva como negativa puede dar lugar a efectos gravitatorios".

Llegados a este punto, el lector ya está hecho un lío. Pero ahora todo queda claro (o casi): "Esta característica del vacío," se nos dice, "está en el centro del nuevo concepto quizás más importante en la cosmología de la última década: la inflación cósmica. Desarrollada principalmente por Alan Guth, en el MIT, y Andrei Linde, ahora en Stanford, la idea de la inflación cósmica surge de la asunción de que el universo primitivo estaba lleno de energía de vacío inestable cuyo efecto 'antigravitatorio' expandió el universo a un factor de probablemente 10^{50} en tan sólo 10^{-32} segundos. La energía de vacío se disipó, dejando fluctuaciones casuales cuya energía se transformó en calor. Debido a que energía y materia son intercambiables, el resultado fue la creación de materia que ahora llamamos *big bang*".

¡Así que es eso! Toda la construcción arbitraria es para apoyar la teoría inflacionaria del *big bang*. Como siempre, mueven los postes continuamente para defender su hipótesis a toda costa. Es como los defensores de la vieja teoría de Aristóteles y Tolomeo de las esferas de cristal, que la iban revisando continuamente, haciéndola cada vez más compleja, para que encajase con los hechos. Como hemos visto, últimamente la teoría ha estado pasando por un mal momento, con la pérdida de la "materia oscura" y el embrollo con la constante de Hubble. Necesitaba un poco de apoyo, y hete aquí que sus defensores han buscado una explicación para uno de sus problemas centrales: el origen de toda la energía para provocar el *big bang* inflacionario. "El mayor banquete gratuito de todos los tiempos", como lo llamó Alan Guth. Pero ahora quieren pasarle la factura a alguien o a algo, y nos salen con... un vacío. Tenemos nuestras dudas de si alguien llegará a pagar nunca esa factura. Y en el mundo real, a la gente que no paga la factura se le enseña la puerta sin más contemplaciones, incluso si se ofrecen a pagar en forma de teoría general de la relatividad argumentando que no tienen nada en metálico.

"De la nada, a través de la nada, hacia la nada", dijo Hegel. Es un epitafio que encaja muy bien con la teoría inflacionaria. Sólo hay una manera de sacar algo de la nada: a través del acto de la Creación. Y eso sólo es posible con la intervención de un Creador. Por mucho que intenten evitarlo, los defensores del *big bang* se encontrarán con que sus pasos siempre les llevan en esa dirección. Algunos irán bastante contentos y otros alegarán que ellos no son religiosos "en el sentido convencional". Pero la vuelta al misticismo es la consecuencia inevitable

de este mito de la Creación moderno. Por suerte cada vez hay más gente insatisfecha con este estado de cosas. Antes o después se producirá una ruptura, gracias a la observación, que dará lugar a una nueva teoría, dejando descansar cristianamente al *big bang*. Cuanto antes, mejor.

LOS ORÍGENES DEL SISTEMA SOLAR

El espacio está lleno de un fino gas, el gas interestelar, detectado por primera vez por Hartmann en 1904. Las concentraciones de gas y polvo se hacen mucho más densas en los alrededores de las galaxias, que están rodeadas de una "niebla" compuesta principalmente de átomos de hidrógeno ionizados por la radiación de las estrellas. Incluso esta materia no es inerte y sin vida, sino que se divide en partículas subatómicas con carga sujetas a todo tipo de movimiento, procesos y cambios. Estos átomos ocasionalmente chocan y pueden cambiar su estado de energía. Aunque un átomo individual puede chocar sólo una vez cada 11 millones de años, dado el enorme número de átomos implicados es bastante como para dar lugar a una emisión continua y detectable, la "canción del hidrógeno", constatada por primera vez en 1951.

Casi todo es hidrógeno, aunque también hay oxígeno, helio y deuterio, un isótopo pesado del hidrógeno. Puede parecer imposible que se puedan dar combinaciones, dada la distribución extremadamente dispersa de estos elementos, pero se dan, e incluso con un grado de complejidad bastante notable. En el espacio se ha encontrado agua (H_2O), amoníaco (NH_3), formaldehído (H_2CO) e incluso moléculas más complejas, lo que dio lugar a una nueva ciencia, la astroquímica. También se ha demostrado la existencia de las moléculas básicas de la vida, los aminoácidos.

Kant (en 1755) y Laplace (en 1796) plantearon por primera vez la hipótesis nebular de la formación del sistema solar. Según esto, el Sol y los planetas se formaron a partir de la condensación de una inmensa nube de materia. Esto parecía encajar con los hechos, y cuando Engels escribió *Dialéctica de la naturaleza* ya se aceptaba de manera general. Sin embargo, en 1905, Chamberlain y Moulton plantearon una teoría alternativa, la hipótesis planetesimal, desarrollada por Jeans y Jeffreys en su hipótesis de las mareas, en 1918. Esto implicaba que el sistema solar se formó como resultado de la colisión de dos estrellas. El problema de esta teoría es que, si fuese cierta, los sistemas planetarios serían fenómenos extremadamente raros. Las enormes distancias que separan las estrellas significan que este tipo de colisiones son 10.000 veces menos frecuentes que las supernovas, que ya de por sí son fenómenos poco comunes. Una vez más, podemos ver cómo intentando solucionar los problemas recurriendo a fuentes externas accidentales —como una estrella perdida—, se crean más de los que se resuelven.

Finalmente se demostró que la teoría que supuestamente había sustituido al modelo Kant-Laplace no era matemáticamente válida. Otros intentos, como la teoría de la colisión de tres estrellas (Littleton) o la teoría de la supernova de

Hoyle, quedaron desacreditados cuando se demostró que el material extraído de la superficie del Sol de esa manera sería demasiado caliente como para condensarse en planetas. Simplemente se expandiría en un fino gas. De esta manera, la teoría catastrófico-planetesimal quedó descartada. La hipótesis nebular volvió a ocupar su posición pero a un nivel superior. No era una simple repetición de las ideas de Kant y Laplace. Por ejemplo, se comprendía que las nubes de gas y polvo planteadas en el modelo tendrían que haber sido mucho mayores de lo que se había pensado. En una escala tan colosal, la nube habría experimentado *turbulencias*, creando vastos remolinos que se habrían condensado en sistemas separados. Este modelo totalmente dialéctico fue desarrollado, en 1944, por el astrónomo alemán Carl F. von Weizsäcker, y perfeccionado por el astrofísico sueco Hannes Alfvén.

Weizsäcker calculó que en los remolinos más grandes habría suficiente materia para crear galaxias en el proceso de contracción turbulenta, dando lugar a remolinos más pequeños. Cada uno de estos podría dar lugar a sistemas solares y planetas. Hannes Alfvén hizo un estudio especial del campo magnético del Sol. En sus primeros estadios, el Sol giraba a gran velocidad, pero su campo magnético finalmente la redujo. Esto transmitió momento angular a los planetas. Ahora se acepta que la nueva versión de la teoría del origen del sistema solar de Kant-Laplace, tal y como la desarrollaron Alfvén y Weizsäcker, es la más probable.

El nacimiento y muerte de las estrellas constituye un ejemplo más del funcionamiento dialéctico de la naturaleza. Antes de que se quede sin combustible nuclear, la estrella experimenta un período prolongado de evolución pacífica de millones de años. Pero llegado a un punto crítico, experimenta un final violento, colapsando bajo su propio peso en menos de un segundo. En el proceso libera una enorme cantidad de energía en forma de luz, emitiendo más luz en unos pocos meses que la que emite el Sol en 1.000 millones de años. Sin embargo, esta luz sólo representa una pequeña fracción de la energía total de una supernova. La energía cinética de la explosión es diez veces mayor. Quizás diez veces más que esto se disipe en forma de neutrinos, emitidos en un destello de una fracción de segundo. La mayor parte de la masa se dispersa en el espacio. Una explosión de una supernova en los alrededores de la Vía Láctea esparció su masa, reducida a cenizas nucleares conteniendo gran variedad de elementos. La Tierra y todo lo que hay en ella, incluyéndonos a nosotros mismos, se compone totalmente de este polvo de estrellas. El hierro de nuestra sangre es una muestra típica de estos escombros cósmicos reciclados.

Estas revoluciones cósmicas, al igual que las terrestres, son acontecimientos bastante raros. En nuestra propia galaxia sólo se han registrado tres supernovas en los últimos mil años. La más brillante de ellas, registrada por observadores chinos en 1054, creó la nebulosa del Cangrejo. La clasificación de las estrellas nos ha llevado a la conclusión de que no hay nuevos tipos de materia en el universo. En todas partes existe la misma materia. Las principales características del espectro estelar se corresponden con las del espectro de sustancias terrestres. El desarrollo

de la astronomía infrarroja proporcionó los instrumentos para explorar el interior de las nubes interestelares oscuras, donde probablemente se forman la mayor parte de las nuevas estrellas. La radioastronomía ha empezado a revelar la composición de estas nubes (principalmente hidrógeno y polvo, pero también algunas moléculas sorprendentemente complejas, muchas de ellas orgánicas). El nacimiento de nuestro sistema solar, hace unos 4.600 millones de años, se desarrolló a partir de los escombros de una estrella extinguida. El actual Sol se unió en el centro de una nube delgada, mientras que los planetas se desarrollaron en diferentes puntos alrededor de él. Se cree que los planetas exteriores (Júpiter, Saturno, Urano y Plutón) son muestras de la nube original: hidrógeno, helio, metano, amoníaco y agua. Los pequeños planetas internos (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) son ricos en elementos pesados y pobres en gases como helio y neón, que fueron capaces de escapar a sus gravedades menores.

Aristóteles pensaba que todo sobre la Tierra podía perecer, pero que los cielos eran inmutables e inmortales. Ahora sabemos que no es así. Cuando contemplamos maravillados la inmensidad del cielo de la noche, sabemos que cada uno de esos cuerpos estelares que alumbran en la oscuridad un día se extinguirán. No sólo las personas somos mortales, sino que las propias estrellas que llevan nombres de dioses experimentan la agonía y el éxtasis del cambio, el nacimiento y la muerte. Y, de alguna manera extraña, estos conocimientos nos acercan más al gran universo de la naturaleza, del cual venimos y al cual algún día retornaremos. Nuestro Sol tiene suficiente hidrógeno para mantenerse por miles de millones de años en su estado actual. Sin embargo, llegará un momento en que incrementará su temperatura hasta hacer imposible la vida sobre la Tierra. Todos los seres individuales tienen que perecer, pero la maravillosa diversidad del universo material en toda su miríada de manifestaciones es eterna e indestructible. La vida surge, desaparece y vuelve a surgir una y otra vez. Así ha sido y así será para siempre.

TERCERA PARTE: VIDA, MENTE Y MATERIA

10. Dialéctica de la geología

Hay un dicho inglés: “Tan sólido como la tierra bajo nuestros pies”. Sin embargo, esta reconfortante idea está bastante lejos de la realidad. La tierra bajo nuestros pies no es tan sólida como parece. Las rocas, las cordilleras montañosas, los propios continentes están en un estado constante de movimiento y cambio, cuya naturaleza exacta sólo ha empezado a ser comprendida en la segunda mitad de este siglo. La geología es la ciencia que estudia los fenómenos que tienen lugar sobre y dentro del planeta. A diferencia de otras ciencias naturales, como la química y la física, la geología no se basa en la experimentación, sino en la observación. Por eso su desarrollo se vio muy condicionado por la interpretación de las observaciones, lo que a su vez estaba condicionado por las corrientes filosóficas y religiosas del momento. Esto explica su tardío desarrollo en comparación con otras ciencias terrestres. Hasta 1830 no llegó, a cargo de Charles Lyell, uno de los padres de la geología moderna, la demostración de que la Tierra era bastante más vieja de lo que dice el libro del *Génesis*. Mediciones basadas en la desintegración radiactiva establecieron posteriormente la edad de la Tierra y la Luna en aproximadamente 4.600 millones de años.

Desde los tiempos más remotos, los seres humanos eran conscientes de fenómenos como los terremotos y las erupciones volcánicas, que revelaban las tremendas fuerzas encerradas bajo la superficie terrestre. Pero hasta este siglo tales fenómenos eran atribuidos a la intervención de los dioses. Poseidón-Neptuno era el que “sacudía la Tierra”, mientras que Vulcano-Hefesto, el herrero cojo de los dioses, vivía en sus entrañas y provocaba las erupciones volcánicas con sus golpes de martillo. Los primeros geólogos de los siglos XVIII y XIX eran aristócratas y sacerdotes que creían, junto con el obispo Ussher, que el mundo había sido creado por Dios el 23 de octubre de 4004 a.C. Para explicar las irregularidades de la superficie terrestre, como cañones y grandes montañas, desarrollaron una teoría, el catastrofismo, que intentaba hacer coincidir los hechos observables con los cataclismos bíblicos, como el diluvio universal. Cada catástrofe aniquilaba especies enteras, explicando así la existencia de fósiles en las rocas de las profundidades de las minas de carbón.

No es casualidad que esta teoría geológica ganase más terreno en Francia, donde la revolución de 1789-94 tuvo una influencia decisiva en la psicología de todas las clases, y cuyos ecos se hicieron sentir durante generaciones. Las revoluciones de 1830, 1848 y 1870 les proporcionaron a los olvidadizos un recuerdo vivo de la caracterización que Marx hizo de Francia como el país en el que la lucha de clases siempre llega hasta el final. Para George Cuvier, el famoso naturalista y geólogo francés del siglo XIX, el desarrollo de la Tierra estaba marcado por "una sucesión de breves períodos de cambio intenso, cada uno de los cuales marca un punto de inflexión histórico. En medio hay largos períodos de estabilidad en los que no pasa nada. Como en la Revolución Francesa, después de la turbulencia todo es diferente. De igual manera, el tiempo geográfico se subdivide en capítulos diferenciados, cada uno con su propio tema básico"[137].

Si Francia es el país clásico de la revolución y la contrarrevolución, Inglaterra lo es del gradualismo reformista. La revolución burguesa inglesa fue, como la francesa, un asunto bastante sangriento en el que, al igual que mucha otra gente, un rey perdió la cabeza. Desde entonces, las "clases respetables" inglesas han intentado esconderlo. Prefieren hacer hincapié en la cómicamente denominada Revolución Gloriosa de 1688, un golpe de Estado nada glorioso en el que un aventurero holandés actuó como intermediario en un reparto sin principios del poder entre los avariciosos nuevos ricos de la City y la aristocracia. Ésta fue la base de la tradición anglosajona de gradualismo y "compromiso".

La aversión por los cambios revolucionarios de cualquier tipo se traduce en una preocupación obsesiva por eliminar todo rastro de cambio repentino en la naturaleza y la sociedad. La impaciencia a la hora de hacer generalizaciones teóricas es una de las características, y también una de las principales debilidades, de la tradición anglosajona. Pero Lyell planteó un punto de vista diametralmente opuesto al catastrofismo. Según él, las fronteras entre los diferentes estratos geológicos no representaban catástrofes, sino transiciones entre dos entornos sedimentarios diferentes. No había ninguna necesidad de buscar modelos globales. Los períodos geológicos eran simplemente un método de clasificación conveniente, bastante parecido a la división de la historia inglesa según los monarcas reinantes.

Engels rindió tributo a su contribución a la ciencia geológica: "Lyell fue el primero en introducir sensatez en la geología, al reemplazar las revoluciones repentinas, debidas a los estados de ánimo del creador, por los efectos graduales de una lenta transformación de la Tierra". No obstante, también reconoce sus deficiencias: "El defecto de la concepción de Lyell, por lo menos en su primera forma, consistió en que concebía las fuerzas que actuaban sobre la Tierra como constantes, tanto en su calidad como en su cantidad. El enfriamiento de la Tierra no existe para él; la Tierra no se desarrolla en una dirección definida, sino que cambia de manera incoherente y fortuita"[138].

---

137. P. Westbroek, *Life as a Geological Force*, p. 71.
138. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 32, nota.

"Estos puntos de vista representan las filosofías dominantes de la naturaleza de la historia geológica", escribe Peter Westbroek, "—por una parte catastrofismo, la noción de estabilidad interrumpida por pequeños períodos de cambio rápido, y por la otra, gradualismo, la idea de fluctuación continua—. En tiempos de Coquand, el catastrofismo era en general aceptado en Francia, pero la simpatía por esta filosofía se desvanecería pronto por razones puramente prácticas. La teoría geológica se tuvo que construir desde los cimientos. Los fundadores de la geología se vieron obligados a aplicar tan rigurosamente como fuera posible el principio del presente como clave del pasado. El catastrofismo era poco útil precisamente porque planteaba que las condiciones geológicas eran fundamentalmente diferentes de las de los subsiguientes períodos de estabilidad. Con la teoría geológica mucho más avanzada que tenemos a nuestra disposición ahora, podemos adoptar una actitud más flexible. Es interesante que el catastrofismo esté ganando terreno de nuevo"[139].

En realidad, la discusión entre gradualismo y catastrofismo es artificial. Hegel ya se había ocupado de esto cuando formuló su línea nodal de las relaciones de medida, en la que la acumulación lenta de cambios cuantitativos da lugar a periódicos saltos cualitativos. El gradualismo se ve interrumpido hasta que se restaura un nuevo equilibrio a un nivel superior que el anterior. El proceso de cambio geológico, demostrado de forma concluyente, se corresponde exactamente con el modelo de Hegel.

LA TEORÍA DE WEGENER

A principios del siglo XX, el científico alemán Alfred Wegener estaba intrigado por el parecido de la línea de la costa oriental de América del Sur y la de la costa occidental africana. En 1915 publicó su teoría de la deriva continental, basada en el supuesto de que, en algún momento del pasado, todos los continentes habían formado parte de una sola enorme masa de tierra, a la que llamó *Pangea*, que posteriormente se rompió en masas de tierra separadas que se fueron alejando entre sí, dando lugar a los actuales continentes. La teoría de Wegener fracasaba inevitablemente al intentar dar una explicación científica del mecanismo que hay detrás de la deriva continental. Sin embargo, representó una auténtica revolución en la geología, y fue rechazada con indignación por la conservadora comunidad geológica. El geólogo Chester Longwell llegó a afirmar que los continentes encajaban tan bien unos con otros "debido a un truco del diablo, para confundirnos". Durante los siguientes sesenta años, el desarrollo de la geología se vio frenado por la teoría dominante de la *isostasia*, una teoría de estado estacionario que sólo aceptaba movimientos verticales de los continentes. Incluso sobre la base de esta hipótesis falsa, como sucede muchas veces en la historia

139. P. Westbroek, *op. cit*., pp. 71-72.

de la ciencia, se hicieron importantes avances, preparando el terreno para la negación de una teoría que cada vez entraba más en contradicción con los resultados observados.

Como pasa frecuentemente en la historia de la ciencia, el avance tecnológico, vinculado a las necesidades de la producción, es el estímulo necesario para el desarrollo de las ideas. La búsqueda de petróleo por parte de las grandes compañías, como Exxon, llevó a innovaciones importantes para la investigación de la geología del fondo oceánico, con el desarrollo de nuevos y potentes métodos de detección sísmica y de perforación del fondo marino y el perfeccionamiento de los métodos de datación de fósiles. A mediados de los años 60, Peter Vail, un científico del principal laboratorio de Exxon, en Houston, empezó a estudiar las irregularidades de los modelos lineales del fondo oceánico. Vail simpatizaba con el viejo punto de vista francés de la evolución interrumpida y creía que estas rupturas en el proceso representaban importantes puntos de inflexión geológicos. Sus observaciones revelaron modelos de cambio sedimentario que parecían ser los mismos en todo el mundo, una poderosa prueba a favor de la interpretación dialéctica de los procesos geológicos.

La hipótesis de Vail fue acogida con escepticismo por sus colegas. Jan van Hinte, otro de los científicos de Exxon, recordaba: "Nosotros, los paleontólogos, no creímos ni una palabra de lo que estaba diciendo. Todos nos habíamos formado en la tradición anglosajona de gradualismo, y eso olía a catastrofismo". Sin embargo, las observaciones del mismo Jan van Hinte del registro fósil y sísmico del Mediterráneo revelaron exactamente lo mismo que las de Vail, y las edades de las rocas se correspondían con las predicciones de Vail. La imagen que aparece ahora es claramente dialéctica:

"Es una característica común en la naturaleza: la gota que colma el vaso. Un sistema que está estabilizado internamente se va minando gradualmente por alguna influencia externa, hasta que colapsa. Entonces, un pequeño ímpetu lleva a un cambio dramático, y se crea una situación totalmente nueva. Cuando el nivel del mar está aumentando, los sedimentos se van acumulando gradualmente en la plataforma continental. Cuando el mar baja, la secuencia se desestabiliza. Se mantiene por algún tiempo, y entonces... ¡plaf!, parte de ella se desliza en las profundidades marinas. Llega un momento en que el nivel de los mares empieza a subir, y poco a poco, los sedimentos se acumulan"[140].

La cantidad se transformó en calidad cuando, a finales de los 60, como resultado de unas excavaciones en aguas profundas, se descubrió que el fondo marino del Atlántico se estaba separando. La *dorsal central oceánica*, una cadena montañosa submarina localizada en mitad de ese océano, indicaba que el continente americano se estaba separando de la masa terrestre eurasiática. Este fue el punto de partida para el desarrollo de una nueva teoría, la *tectónica de placas*, que revolucionó la geología.

140. Citado en P. Westbroek, *op. cit*., p. 84.

He aquí otro ejemplo de la ley dialéctica de la negación de la negación aplicada a la historia de la ciencia. La teoría original de Wegener de la deriva continental fue negada por la teoría del estado estacionario de la isostasia. Ésta a su vez fue negada por la tectónica de placas, que representa una vuelta a la vieja teoría pero a un nivel cualitativamente superior. La teoría de Wegener era una hipótesis brillante y básicamente correcta, pero no podía explicar el mecanismo exacto que provoca la deriva continental. Hoy en día, gracias a los descubrimientos y avances científicos del último medio siglo, no sólo sabemos que la deriva continental es un hecho, sino que podemos explicar exactamente cómo se produce. La nueva teoría está a un nivel muy superior al de su predecesora, con una comprensión más profunda de los complejos mecanismos de evolución del planeta.

Esto equivale geológicamente a la revolución darwiniana en biología. La evolución no sólo se aplica a la materia animada, sino también a la inanimada. De hecho, ambas se interpenetran y condicionan recíprocamente. Los complejos procesos naturales están interconectados. La materia orgánica —la vida—surge inevitablemente de la materia inorgánica en un momento dado. Pero la existencia de la materia orgánica, a su vez, tiene un profundo impacto en el medio ambiente físico. Por ejemplo, la aparición de plantas productoras de oxígeno tuvo un efecto decisivo en la atmósfera y, por lo tanto, en las condiciones climáticas. La evolución del planeta y de la vida nos proporciona gran cantidad de ejemplos de la dialéctica de la naturaleza, del desarrollo mediante contradicciones y saltos, en el que largos períodos de cambio lento y "molecular" se alternan con procesos catastróficos, desde el choque de continentes a la extinción de especies. Y si lo miramos más de cerca, vemos que los saltos y catástrofes repentinos y aparentemente inexplicables tienen normalmente su raíz en los períodos previos de cambio lento y gradual.

¿QUÉ ES LA TECTÓNICA DE PLACAS?

Finalmente, la superficie fundida de la Tierra se enfrió lo suficiente como para formar una corteza, bajo la cual quedaron atrapados gas y rocas fundidas. Las explosiones volcánicas rompían continuamente la superficie del planeta, expulsando ríos de lava. En ese período se formaron los primeros continentes a partir del mar de rocas fundidas, el magma, y se empezó a formar la corteza oceánica. Los gases y el vapor expulsados por los volcanes empezaron a aclarar la atmósfera, provocando violentas tormentas eléctricas. Debido a las altas temperaturas reinantes, fue un período de grandes catástrofes y explosiones, con la formación de la corteza continental y su posterior división, su formación de nuevo, fusiones parciales, formación de cristales, choques, etc., a una escala mucho mayor que cualquier acontecimiento posterior. Los primeros microcontinentes se movían mucho más rápidamente y chocaban más frecuentemente que hoy en día. Hubo un proceso rápido de generación y reciclado de la corteza continental. La formación

de esta corteza fue uno de los acontecimientos más importantes de la historia del planeta. A diferencia del fondo submarino, la corteza continental no se destruye por subducción, sino que incrementa su volumen total a lo largo del tiempo. Por tanto, la creación de los continentes fue un proceso irreversible.

La Tierra se compone de diferentes capas de material. Las principales son el núcleo (dividido en interno y externo), el grueso manto y la fina corteza de la superficie. Cada capa tiene composición química y propiedades físicas propias. Cuando hace unos 4.000 millones de años la Tierra se enfrió, los materiales más pesados se hundieron hacia el centro de la Tierra, mientras los más ligeros permanecían más cerca de la superficie. El núcleo interno de la Tierra es una masa sólida comprimida a presiones colosales. A cincuenta kilómetros de la superficie, la temperatura es de unos 800 ºC. A mayor profundidad, a unos dos mil kilómetros, la temperatura sube a más de 2.200 ºC. A esta profundidad las rocas se comportan más bien como líquidos.

La corteza forma una capa muy fina alrededor del manto semilíquido, como la piel que rodea una manzana, y soporta los océanos, las masas terrestres y todas las formas de vida. Siete décimas partes de la corteza están recubiertas de agua, que es la principal característica del planeta. La corteza terrestre es muy irregular, con enormes cordilleras montañosas sobre las masas terrestres y cordilleras submarinas en las profundidades oceánicas. Un ejemplo es la dorsal del Atlántico Medio, que constituye la frontera entre cuatro de las placas terrestres. La corteza está formada por diez placas principales que encajan como un rompecabezas y en cuyos bordes están situadas las fallas, que concentran la actividad sísmica y volcánica. Los continentes están anclados en estas placas y se mueven con ellas.

En el borde de las placas, volcanes submarinos escupen rocas fundidas de las entrañas de la Tierra, creando nuevo suelo oceánico. El lecho marino se extiende desde la dorsal oceánica como una cinta transportadora, llevándose consigo grandes trozos de corteza continental. Los volcanes son la fuente de transformación de gran cantidad de energía de la Tierra en calor. Actualmente se estima que hay unos cuatrocientos treinta volcanes activos. Paradójicamente las explosiones volcánicas liberan presiones que permiten fundir las rocas de la corteza terrestre. La litosfera está cambiando y renovándose constantemente. Continuamente se crea nueva litosfera mediante la intrusión y efusión de magma en las dorsales, a través de la fusión parcial de la astenosfera. Esta creación de nueva corteza en estas fallas empuja y aparta el viejo suelo y con él las placas continentales. Esta nueva litosfera se extiende desde las dorsales a medida que se va añadiendo más material, hasta que la misma expansión del suelo oceánico le lleva en otro punto a sumergirse en el interior de la Tierra.

Este proceso explica el movimiento de los continentes. Esta constante turbulencia subterránea, a su vez, crea una enorme cantidad de calor, que se acumula provocando nueva actividad volcánica. Estas zonas están marcadas por arcos de islas y cordilleras montañosas, volcanes, terremotos y profundas fosas oceá-

nicas. Esto mantiene el equilibrio entre lo viejo y lo nuevo, en una unidad dialéctica de contrarios. En la medida en que las propias placas chocan, provocan terremotos.

Esta continua actividad bajo la superficie de la Tierra es la que gobierna muchos de los fenómenos que afectan al desarrollo del planeta. Las masas terrestres, los océanos y la atmósfera están afectados, además de por los rayos del Sol, por la gravedad y el campo magnético que rodea la Tierra. "El cambio continuo", dice Engels, "es decir, la abolición de la identidad abstracta consigo mismo, también se encuentra en la denominada naturaleza orgánica. La geología es su historia. En la superficie, cambios mecánicos (erosión, heladas), cambios químicos (desintegración por la acción atmosférica); en el interior, cambios mecánicos (presión), calor (volcánico), químicos (agua, ácidos, sustancias cohesivas); en gran escala, cataclismos, terremotos, etc. (...) Todos los cuerpos se ven expuestos de forma continua a influencias mecánicas, físicas y químicas, que siempre los cambian y modifican su identidad"[141].

Sumergida en el Atlántico hay una cadena montañosa en la que constantemente se está creando nuevo magma. Como resultado, la corteza oceánica aumenta de tamaño, separando los continentes, América del Sur de África, y también América del Norte de Europa. Sin embargo, si algunas zonas aumentan de tamaño, otras tendrán que consumirse. Puesto que el continente americano está siendo empujado por fuerzas colosales contra la corteza oceánica del Pacífico, el fondo oceánico se ve forzado a sumergirse debajo de América, donde se disuelve, mueve en corrientes y finalmente, después de millones de años, resurge en otra dorsal oceánica.

Estos procesos no son lineales y suaves, sino dialécticos, es decir, a través de contradicciones y cambios de las dimensiones de un cataclismo. Hay momentos en que las fuerzas bajo la corteza exterior terrestre se encuentran con tal resistencia, que se ven forzadas a retroceder sobre sí mismas y encontrar una nueva dirección. Así, durante un largo período, un océano como el Pacífico puede aumentar de tamaño. Sin embargo, cuando la correlación de fuerzas cambia, todo el proceso se convierte en su contrario. Un enorme océano puede ser constreñido entre dos continentes e incluso desaparecer entre y debajo de ellos. En los 4.600 millones de años de historia del planeta se han repetido muchas veces procesos de este tipo. Hace 200 millones de años, entre Eurasia y África se extendía el mar de Tetis. El único vestigio que queda de él es parte del Mediterráneo. El resto ha sido consumido y se ha desvanecido bajo los Cárpatos y el Himalaya, destruido por la colisión de la India y Arabia con Asia.

Por otra parte, cuando una dorsal oceánica se cierra (es decir, se consume debajo de un continente), entonces aparecerá nueva litosfera en otra parte. Como norma, la litosfera se rompe por su punto más débil. Fuerzas inimaginables se acumulan durante millones de años, hasta que al final un cambio cuantitativo provo-

141. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 172-73.

ca un cataclismo. La corteza exterior se rompe y la nueva litosfera sale, abriendo el camino para el nacimiento de nuevos continentes y océanos. Este proceso se ha repetido muchas veces en la historia de la Tierra. Hoy en día podemos ver señales del mismo en el valle volcánico de Afar, en África Oriental, donde el continente se está rompiendo y un nuevo océano se formará en los próximos cincuenta millones de años. De hecho, el mar Rojo es un océano muy joven que está separando el sur de Arabia de África.

La comprensión de que la propia Tierra no es una entidad estática, sino dinámica, dio un profundo impulso a la geología, poniéndola sobre bases realmente científicas. El gran mérito de la tectónica de placas es que combina todos los fenómenos naturales de manera dialéctica y supera las concepciones conservadoras de la ortodoxia científica, basada en la lógica formal. Su idea básica es que todo está en constante movimiento y que éste se produce a través de contradicciones explosivas. Océanos y continentes, montañas y valles, ríos, lagos y costas están en un proceso de cambio constante, en el que períodos de "calma" y "estabilidad" son violentamente interrumpidos por revoluciones a escala continental. La atmósfera, las condiciones climáticas, el magnetismo e incluso la posición de los polos magnéticos del planeta están, de la misma forma, en un estado de flujo permanente. El desarrollo de cada proceso individual está influido y determinado, en mayor o menor medida, por la interconexión con todos los demás procesos. Es imposible estudiar un proceso geológico aislado de los demás. Todos se combinan, creando la suma total única de fenómenos que es nuestro mundo. Los geólogos modernos se ven obligados a pensar de manera dialéctica aunque no hayan leído una sola línea de Marx o Engels, precisamente porque su materia de estudio no se puede interpretar correctamente de ninguna otra manera.

TERREMOTOS Y GÉNESIS DE LAS MONTAÑAS

Charles Darwin, en sus años jóvenes, encontró el fósil de un animal marino bastante tierra adentro. Si era cierto que animales marinos habían vivido en ese sitio en algún momento, entonces las teorías existentes de la historia de la Tierra estaban equivocadas. Darwin, emocionado, enseñó su hallazgo a un eminente geólogo, que le respondió: "Oh, esperemos que no sea cierto". El geólogo prefería creer que alguien había dejado caer el fósil allí, después de un viaje a la orilla del mar. Desde el punto de vista del sentido común, nos parece increíble que los continentes se muevan. Nuestros ojos nos dicen lo contrario. La velocidad media de este movimiento es 1 ó 2 centímetros anuales. Por lo tanto, a efectos normales se puede obviar. Sin embargo, en un período de millones de años estos pequeños cambios pueden provocar las transformaciones más dramáticas imaginables.

En las cimas del Himalaya (a unos 8.000 metros sobre el nivel del mar) hay rocas que contienen fósiles de organismos marinos. Esto significa que estas rocas, originadas en las profundidades de un océano prehistórico, fueron elevadas a lo

largo de 200 millones de años para crear las montañas más altas de la Tierra. Pero el proceso no fue uniforme, sino que implicó contradicciones, con tremendos levantamientos, avances y retrocesos, a través de miles de terremotos, destrucciones masivas, rupturas de la continuidad, deformaciones y pliegues. Es evidente que el movimiento de las placas está provocado por fuerzas gigantescas en el interior de la Tierra. Toda la faz del planeta, su apariencia e identidad está determinada por esto. La humanidad tiene una experiencia directa de una minúscula fracción de estas fuerzas a través de los terremotos y las erupciones volcánicas. Una de las características básicas de la superficie terrestre son las cordilleras montañosas. ¿Cómo se desarrollan?

Tomemos un montón de hojas de papel y presionémoslas contra una pared. Las hojas se arrugarán y deformarán bajo la presión y se "moverán" hacia arriba, creando una superficie curva. Ahora imaginemos el mismo proceso cuando un océano es presionado entre dos continentes. El océano se ve obligado a sumergirse bajo uno de los dos continentes, pero en ese punto las rocas se deformarán y plegarán, creando una montaña. Después de la desaparición total del océano, los dos continentes chocarán, y en ese punto la corteza aumentará de tamaño verticalmente a medida que las masas continentales se vayan comprimiendo. La resistencia a la subducción provoca amplios pliegues y fallas, y esta elevación da lugar a una cadena montañosa. El choque entre Eurasia y la placa africana (o partes de Africa) creó una gran cadena montañosa, empezando en los Pirineos, en el Oeste, pasando por los Alpes (choque de Italia y Europa), los Balcanes, los montes Helénicos y los Taurídicos, el Cáucaso (choque de Arabia del sur con Asia) y finalmente el Himalaya (choque de India y Asia). De la misma manera, los Andes y las montañas Rocosas están situadas en la zona donde la placa oceánica se hunde bajo el continente americano.

No es sorprendente que estas zonas también se caractericen por una intensa actividad sísmica. Las zonas sísmicamente activas del mundo son exactamente los bordes entre las diferentes placas tectónicas. Particularmente las zonas donde se están creando montañas son áreas en las que se han ido acumulando fuerzas colosales durante un largo período de tiempo. Cuando los continentes chocan, podemos ver esa acumulación de fuerzas actuando sobre diferentes rocas, en diferentes sitios y de diferentes formas. Las rocas que están formadas por los materiales más duros pueden resistir la deformación. Pero llegado un punto crítico en que la cantidad se transforma en calidad, incluso las rocas más fuertes se rompen o se deforman. Este salto cualitativo se manifiesta en los terremotos, que, a pesar de su apariencia espectacular, en realidad representan un movimiento mínimo de la corteza terrestre. La formación de una cadena montañosa requiere miles de terremotos que provoquen extensas deformaciones en pliegues y el movimiento ascendente de la roca.

Aquí podemos ver el proceso dialéctico de evolución a través de saltos y contradicciones. Las rocas que están siendo comprimidas representan una barrera inicial, ofreciendo resistencia a la presión de las fuerzas subterráneas. Sin embargo,

cuando se rompen se transforman exactamente en su contrario, en canales para la liberación de esas fuerzas responsables de la creación de cadenas montañosas y fosas oceánicas. Pero en la superficie, otras fuerzas actúan en sentido opuesto.

Por diversos factores, las montañas no aumentan de tamaño y altura constantemente. En la superficie tenemos los agentes climáticos: la erosión, los fuertes vientos, las lluvias intensas, la nieve y el hielo desgastan la capa externa de las rocas, incluso de las más duras. Después de un tiempo, se produce un nuevo salto cualitativo. Las rocas pierden su consistencia gradualmente, pequeños granos se van desprendiendo de ellas. El efecto del viento y el agua, especialmente de los ríos, transporta millones de estos granos de los niveles más altos a los valles, lagos y principalmente a los océanos, en cuyo fondo esos trozos se vuelven a unir. A medida que se acumulan encima más y más materiales, van quedando enterrados de nuevo, y empieza el proceso opuesto. A resultas de éste se crean nuevas rocas, que seguirán el movimiento del lecho oceánico hasta quedar enterradas otra vez bajo un continente, fundiéndose y sufriendo nuevas metamorfosis, para posiblemente emerger de nuevo en la cima de alguna nueva montaña en algún punto de la superficie terrestre.

PROCESOS SUBTERRÁNEOS

La lava volcánica demuestra que la roca bajo la superficie de la Tierra está fundida. Las rocas son enterradas muy profundamente bajo enormes montañas y en las zonas de subducción. En estas condiciones sufren toda una serie de cambios. A medida que se van hundiendo, la actividad interna de la Tierra y el peso que soportan aumentan enormemente su temperatura y su presión. La materia se organiza en combinaciones específicas de elementos, que en estado sólido forman cristales denominados minerales. Los diferentes minerales se unen formando rocas. Cada roca tiene una combinación de minerales, y cada mineral tiene una combinación única de elementos con una estructura cristalina específica. El aumento de la temperatura y la presión provoca cambios químicos en la mayoría de los minerales, por la sustitución de unos elementos por otros. Aunque algunos minerales se mantienen, dentro de ciertos límites, estables, llega un punto crítico en el que se produce una reorganización de su estructura, dando lugar a un cambio cualitativo —como la transformación del agua en hielo a 0 ºC— que deja paso a una nueva combinación que refleja las nuevas condiciones. La roca se ha convertido en otra. La presión de las condiciones medioambientales provoca saltos cualitativos que implican una transformación no sólo de los minerales, sino de las propias rocas. No existe ningún mineral que se mantenga estable en todo tipo de condiciones naturales.

En zonas de subducción, las rocas pueden quedar enterradas a grandes profundidades. Bajo esas condiciones extremas, las rocas se funden. Pero el proceso no sucede de golpe, sino que es gradual porque la temperatura de fusión varía

según los minerales. Al ser menos denso que las rocas que le rodean, el material fundido tiende a subir. Pero, debido a la resistencia de las rocas que están encima, su ascenso no es sencillo. El magma irá ascendiendo lentamente hasta que, enfrentado a una barrera sólida, se vea obligado a detenerse temporalmente. Además, la roca fundida de su exterior empezará a enfriarse, formando una capa sólida que actuará como una barrera adicional en su camino. Pero el gradual aumento de la presión desde abajo hará que, llegado un momento, se rompan las barreras, abriéndose paso el magma con una violenta explosión y liberando las colosales fuerzas reprimidas.

Por tanto es evidente que estos procesos no se dan de manera accidental, como podrían pensar las víctimas de un terremoto, sino que responden a leyes fundamentales que sólo ahora empezamos a entender. Además se dan en zonas específicas, localizadas en los bordes de las placas y especialmente en las dorsales oceánicas y debajo de las zonas de subducción. Este es el motivo de que haya tantos volcanes activos en el sur de Europa (Santorini, en Grecia; Etna, en Italia), en Japón, donde hay zonas de subducción (que provocaron el terremoto de Kobe), en el centro del Atlántico y en el océano Pacífico (islas volcánicas y volcanes sumergidos en las dorsales oceánicas) y en África Oriental (Kilimanjaro), donde se da una deriva continental y la formación de un nuevo océano.

Los mineros saben muy bien que la temperatura de la corteza terrestre aumenta a medida que estás a mayor profundidad. La fuente principal de este inmenso calor, que es el responsable de los procesos que se dan en las entrañas de la Tierra, es la energía calórica liberada por la desintegración de los elementos radiactivos. Los elementos contienen isótopos, algunos de los cuales son radiactivos, es decir, son inestables y con el tiempo se rompen, originando calor e isótopos más estables. Este proceso continuo de reacción tiene lugar muy lentamente. Estos isótopos han estado desintegrándose desde el principio de la Tierra, cuando debieron ser muy abundantes. Por lo tanto, la producción y el flujo de calor debieron haber sido mayores que los actuales, quizás dos o tres veces más durante el período Arcaico que ahora.

Así, la frontera arcaico-proterozoica es enormemente importante dado que marca un cambio cualitativo. No sólo tenemos la aparición de las primeras formas de vida, sino también un cambio crucial en la masa terrestre: la formación en el Proterozoico de grandes masas continentales, más gruesas y más estables, a partir de la unión del gran número de pequeñas placas protocontinentales, que sufrían gran cantidad de colisiones entre ellas, del período Arcaico. Este fue el principal período orogénico, en el que hace 1.800 millones de años y hace mil millones se pueden distinguir dos episodios titánicos cuyos restos son visibles en el sur de Canadá y el noreste de Noruega.

La teoría gradualista del uniformitarianismo, planteada por Hutton en 1778, no es aplicable a la historia temprana de la Tierra. Todas las pruebas a nuestra disposición sugieren que la tectónica de placas tal y como la conocemos empezó a principios del Proterozoico, mientras que en los tiempos arcaicos pareció darse

una variante de la misma. Más del 80% de la corteza continental se creó antes del final del Proterozoico. La tectónica de placas es el factor determinante de todos estos procesos. La formación de montañas, los terremotos, los volcanes y las metamorfosis son procesos que dependen los unos de los otros, cada uno determina, influye, causa o es causado por otro, y todos ellos tomados en su conjunto conforman la evolución de la Tierra.

11. Cómo surgió la vida

Oparin y Engels

"Lo que no sabemos hoy, lo sabremos mañana". Esta simple declaración subraya la conclusión de un estudio sobre el origen de la vida escrito por el biólogo ruso Alexandr Ivánovich Oparin en 1924. Por primera vez se hacía una apreciación moderna del asunto, abriendo un nuevo capítulo en la comprensión de la vida. No fue casualidad que, como materialista y dialéctico, viese el tema de una manera original. Fue un comienzo audaz, en los inicios de la bioquímica y la biología molecular, apoyado por la contribución independiente del biólogo británico J. B. S. Haldane, también materialista, en 1929. Este trabajo condujo a la hipótesis Oparin-Haldane en la que se basa la posterior comprensión de todo el origen de la vida. "En él", escribe Asimov, "los problemas del origen de la vida se trataban por primera vez en detalle desde un punto de vista completamente materialista. Ya que la Unión Soviética no estaba inhibida por los escrúpulos religiosos a los que las naciones occidentales se sentían ligadas, esto, quizás, no es sorprendente"[142].

Oparin siempre reconoció la deuda que tenía con Engels y no hizo ningún secreto de su postura filosófica: "Este problema [el origen de la vida] siempre ha sido el foco de un agrio conflicto de ideas entre dos escuelas filosóficas irreconciliables, el conflicto entre idealismo y materialismo".

"Se nos abre una perspectiva completamente diferente si tratamos de buscar una solución al problema dialécticamente en lugar de metafísicamente, sobre la base del estudio de los sucesivos cambios en la materia que precedieron a la aparición de la vida y que llevaron a su surgimiento. La materia nunca está en descanso, se está moviendo y desarrollando constantemente, y en este desarrollo cambia de una forma de movimiento a otra y a otra, cada una de ellas más complicada y armoniosa que la precedente. De esta manera la vida aparece como una

142. I. Asimov, *op. cit*., p. 592.

forma particular muy compleja de movimiento de la materia, surgiendo como una nueva propiedad en un estadio concreto del desarrollo general de la materia.

"Ya a finales del siglo pasado, Federico Engels indicó que un estudio de la historia del desarrollo de la materia es de lejos el enfoque más prometedor de aproximación para encontrar una solución al problema del origen de la vida. Estas ideas de Engels, sin embargo, no se reflejaron suficientemente en el pensamiento científico de su tiempo".

Engels tenía razón en lo esencial cuando describió la vida como el modo de movimiento de las proteínas. Sin embargo, hoy en día podemos añadir que la vida es la función de las reacciones mutuas de los ácidos nucleicos y las proteínas. Tal y como explicó Oparin: "Engels, al igual que los biólogos de su tiempo, utilizaba frecuentemente los términos 'protoplasma' y 'cuerpos albuminoideos'. Por lo tanto no hay que identificar las 'proteínas' de Engels con las diferentes sustancias químicas que gradualmente hemos conseguido aislar en los organismos vivos ni con los preparados purificados de proteínas compuestos de mezclas de proteínas puras. Sin embargo, Engels estaba bastante avanzado a las ideas de su tiempo cuando, hablando de proteínas, puso especial énfasis en los aspectos químicos de la materia e insistió en el significado de las proteínas en el metabolismo, esa forma de movimiento de la materia que es característico de la vida.

"Sólo ahora hemos empezado a ser capaces de apreciar el valor de la sorprendente perspicacia científica de Engels. Los avances en la química de proteínas ahora existentes nos han permitido caracterizar las proteínas como compuestos químicos individuales, como polímeros de aminoácidos con estructuras extremadamente específicas"[143]. J. D. Bernal nos da una alternativa a la definición de vida de Engels: "Una autorrealización parcial, continua, progresiva, multiforme y condicionalmente interactiva de las potencialidades de estados atómicos electrónicos"[144].

Aunque la hipótesis Oparin-Haldane sentó las bases para el estudio de los orígenes de la vida como rama de la ciencia, es más correcto adscribirla a la revolución en la biología de mediados del siglo XX. Sin embargo, las teorías sobre el origen de la vida son en gran medida especulativas. No hay restos en el registro fósil. Nos referimos a las formas de vida más simples y básicas imaginables, formas transitorias bastante diferentes a la idea actual de ser vivo, pero que sin embargo representaron un salto decisivo de la materia inorgánica a la orgánica. Quizás, tal como dice Bernal, más correcto que hablar del origen de la vida sería hablar del origen de los procesos de la vida.

Engels explica que la revolución darwiniana "no sólo reducía al mínimo la brecha entre la naturaleza inorgánica y la orgánica, sino que además eliminaba una de las dificultades esenciales que antes se había interpuesto en el camino de la teoría de la descendencia de los organismos. La nueva concepción sobre la

143. A. I. Oparin, *The Origin of Life on Earth*, pp. xii y 230-31.
144. J. D. Bernal, *The Origin of Life*, p. xv.

naturaleza estaba completa en sus rasgos principales: toda la rigidez había desaparecido, ya no existía fijeza alguna, todas las particularidades consideradas eternas se volvían transitorias, se mostraba al conjunto de la naturaleza moviéndose en un eterno flujo y en una trayectoria cíclica"[145]. Los descubrimientos científicos desde que estas líneas fueron escritas han reforzado la doctrina evolucionista.

Oparin sacó la conclusión de que la atmósfera original de la Tierra era radicalmente diferente de la actual, que su ambiente era reductor más que oxidante. Propuso que los compuestos químicos orgánicos, de los que depende la vida, se formaron espontáneamente en este tipo de atmósfera bajo la influencia de la radiación ultravioleta del Sol. Haldane llegó a conclusiones similares de forma independiente:

"El Sol era quizás ligeramente más brillante que ahora y en la atmósfera no había oxígeno, los rayos ultravioleta solares químicamente activos no eran detenidos, como son ahora, principalmente por el ozono (una forma modificada de oxígeno) en la atmósfera externa y el propio oxígeno más abajo. Penetraban hasta la superficie de la Tierra y el mar, o por lo menos hasta las nubes. Pero cuando la radiación ultravioleta actúa sobre una mezcla de agua, dióxido de carbono y amoníaco, se crea una amplia variedad de sustancias orgánicas, incluidos azúcares y aparentemente algunos de los materiales a partir de los cuales se forman las proteínas"[146].

De forma más general, Engels apuntó en la dirección correcta cincuenta años antes: "Por último, si la temperatura se nivela hasta tal punto que por lo menos en una porción considerable de la superficie ya no supera los límites en que puede vivir la proteína, entonces, si lo favorecen otras condiciones químicas previas, se forma el protoplasma vivo (...) Miles de años pasaron antes que aparecieran las condiciones en que se pudiese dar el paso siguiente, y en que esta proteína informe produjera la primera célula por formación del núcleo y la membrana celular. Pero esta primera célula también proporcionó el cimiento para el desarrollo morfológico de todo el mundo orgánico. Los primeros en desarrollarse, como se puede suponer por toda la analogía de los registros paleontológicos, fueron innumerables especies de protistas no celulares y celulares"[147]. Aunque este proceso tuvo lugar durante un período más prolongado, la predicción fue en líneas generales correcta.

De la misma manera que la comunidad científica ignoró las ideas de Engels en su época, también ignoró las de Oparin y Haldane. Sólo recientemente sus teorías están recibiendo el reconocimiento que merecen. Richard Dickerson escribe:

"Las ideas de Haldane aparecieron en el *Rationalist Annual* en 1929, pero no provocaron prácticamente ninguna reacción. Cinco años antes, Oparin había publicado una pequeña monografía proponiendo ideas bastante similares sobre el origen

145. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 34.
146. J. B. S. Haldane, *The Rationalist Annual*, 1929.
147. Engels. *Dialéctica de la naturaleza*, p. 36.

de la vida, igualmente con poco efecto. Los bioquímicos ortodoxos estaban demasiado convencidos de que Louis Pasteur había desaprobado la generación espontánea de una vez por todas como para considerar el origen de la vida como una cuestión científica legítima. No fueron capaces de apreciar que Oparin y Haldane estaban proponiendo algo bastante especial: no que la vida evolucione a partir de materia inanimada hoy en día (la teoría clásica de la generación espontánea, que no se podía sostener después de Pasteur), sino que la vida en un momento dado evolucionó a partir de materia inanimada en las condiciones que existían en la Tierra primitiva y ante la falta de competencia de otros organismos vivos"[148].

¿CÓMO SURGIÓ LA VIDA?

No hay otro asunto de tan tremenda importancia para nosotros que la cuestión de cómo de la materia inorgánica surgieron criaturas vivientes, sensibles y pensantes. Este enigma ha ocupado la mente humana desde los tiempos más remotos y ha sido respondido de diferentes maneras. Podemos identificar tres tendencias principales:

a) Dios creó toda la vida, incluidos los seres humanos.
b) La vida surgió de la materia inorgánica por generación espontánea, como los gusanos que surgen de la carne podrida o los escarabajos del estiércol (Aristóteles).
c) La vida llegó del espacio exterior en un meteorito que cayó en la Tierra, y entonces se desarrolló.

La transformación de la materia inorgánica en orgánica es un punto de vista relativamente reciente. En contraste, la teoría de la generación espontánea tiene una larga historia. La creencia en ella proviene del antiguo Egipto, China, India y Babilonia. También se lee en los escritos de los antiguos griegos. Escribe Oparin: "Aquí surgen gusanos de un estercolero y de la carne podrida, aquí salen los piojos del sudor humano, aquí salen luciérnagas de las chispas de una pira funeraria, y finalmente de la tierra húmeda de rocío salen ranas y ratones (...) Para ellos la generación espontánea era simplemente un hecho obvio empíricamente establecido cuya base teórica era de importancia secundaria"[149]. Esta visión estaba rodeada de un halo religioso y mítico. En contraste, el enfoque de los primeros filósofos griegos fue de carácter materialista.

Pero fue la visión idealista de Platón (expresada también por Aristóteles) la que dio a la generación espontánea una calidad sobrenatural, y más tarde conformó la base de la cultura científica medieval y dominó la mente humana durante

148. *Scientific American*, nº 239, 1978.
149. A. I. Oparin, *op. cit*., p. 2.

siglos. No es que la materia contuviese la vida, sino que estaba imbuida de ella. A través de las escuelas filosóficas griega y romana, la Iglesia cristiana primitiva la tomó prestada para desarrollar su concepción mística del origen de la vida. San Agustín vio en la generación espontánea, la animación de la materia inerte por el "espíritu creador de la vida", una manifestación de la voluntad divina. Como Lenin plantea, "los escolásticos y clérigos se apoderaron de lo que estaba muerto en Aristóteles y no de lo que estaba vivo". Más tarde fue desarrollada por Santo Tomás de Aquino de acuerdo a las enseñanzas de la Iglesia católica. La Iglesia ortodoxa tiene un punto de vista similar. El obispo de Rostov, Dimitri, explicó en 1708 que Noé no metió en su arca aquellos animales capaces de ser generados espontáneamente: "Esos perecieron en el Diluvio, y después del Diluvio surgieron de nuevo de tales comienzos". Esta era la opinión que predominó en Occidente hasta mediados del siglo XIX.

El gran T. H. Huxley, en su conferencia de Edimburgo de 1886, explicó claramente por primera vez que la vida tenía una base física común: el protoplasma. Insistió en que era funcional, formal y sustancialmente el mismo para todos los seres vivos. En su función, todos los organismos tienen movimiento, crecimiento, metabolismo y reproducción. En su forma, están compuestos de células nucleadas; y en su sustancia, están formados de proteínas, un compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Esto refleja gráficamente la unidad subyacente de la vida.

El científico francés Louis Pasteur, padre de la microbiología, finalmente desacreditó a través de una serie de experimentos la teoría de la generación espontánea. "La vida sólo puede venir de la vida", dijo Pasteur. Sus descubrimientos le dieron un golpe de muerte. El triunfo de la teoría de la evolución de Darwin forzó a los vitalistas (defensores de la idea de una *fuerza vital* y de que la vida no se puede explicar por completo con leyes físico-químicas) a contemplar el origen de la vida de una manera diferente. Desde ese momento, su defensa del idealismo vino del argumento de la imposibilidad de entender este fenómeno desde una óptica materialista.

Ya en 1907, el químico sueco Svante Arrhenius, en su libro *Worlds in the Making* (Mundos en formación), planteó la teoría de la panspermia, que concluía que si la vida no podía surgir espontáneamente en la Tierra tenía que provenir de otros planetas. Describía esporas viajando a través del espacio para "sembrar" la vida en otros planetas. Pero, al igual que los meteoritos, cualquier tipo de esporas que entrasen en nuestra atmósfera se quemarían. Para contrarrestar esta crítica, Arrhenius argumentó que la vida era eterna y no tenía origen. Pero las evidencias contradecían esta teoría. Se demostró que los rayos ultravioleta existentes en el espacio destruirían rápidamente cualquier tipo de esporas bacterianas. Por ejemplo, en 1966 algunos microorganismos seleccionados por su resistencia fueron colocados en la cápsula espacial *Gemini 9*, expuestos a la radiación espacial. Sólo duraron seis horas. Más recientemente, Fred Hoyle pensó que la vida había sido traída a la Tierra en las colas de los cometas. Esta idea ha sido remendada por

Francis Crick y Leslie Orgel, que sugieren ¡que la Tierra puede haber sido sembrada deliberadamente por vida inteligente extraterrestre! Incluso aceptando que la vida llegó del espacio, sigue sin resolverse la pregunta de cómo surgió en el hipotético planeta de origen.

No hace falta viajar al espacio sideral para encontrar una explicación racional a los orígenes de la vida. Se puede encontrar en los procesos que se daban en la naturaleza de nuestro planeta hace tres mil millones de años, en condiciones muy especiales. Este proceso no se puede volver a repetir porque estos organismos estarían a merced de las formas de vida existentes, que darían buena cuenta de ellos rápidamente. Sólo podrían surgir en un planeta sin vida y con muy poco oxígeno, ya que éste se combinaría con los elementos químicos necesarios para la vida, rompiéndolos. La atmósfera de la Tierra en ese momento estaba formada principalmente por metano, amoníaco y vapor de agua. Experimentos en laboratorio han demostrado que una mezcla de agua, amoníaco, metano e hidrógeno, sometida a radiación ultravioleta, produce dos aminoácidos simples y rastros de algunos más complejos. En los años 60 se descubrieron moléculas complejas presentes en las nubes gaseosas del espacio. Por lo tanto, es posible que, en un estadio muy inicial de la formación de la Tierra, los elementos para el surgimiento de la vida, o casi vida, estuviesen ya presentes en forma de aminoácidos. Experimentos más recientes han demostrado más allá de cualquier duda que las proteínas y los ácidos nucleicos, base de toda vida, pueden haber surgido de cambios químicos y físicos normales en la *sopa primitiva*.

Según Bernal, la unidad de la vida es parte de la historia de la propia vida, y consecuentemente está implícita en sus orígenes. Todo fenómeno biológico nace, se desarrolla y muere según leyes físicas. La bioquímica ha demostrado que la esencia química de toda la vida sobre la Tierra es similar. A pesar de la enorme variedad de especies, el mecanismo básico de enzimas, coenzimas y ácidos nucleicos aparece en todas ellas. Al mismo tiempo, ese mecanismo forma un conjunto de partículas idénticas que se mantienen unidas por los principios de autounión en las estructuras más elaboradas.

EL NACIMIENTO REVOLUCIONARIO DE LA VIDA

Cada vez está más claro que la Tierra, en sus estadios iniciales, no funcionaba como en el presente. La composición atmosférica, el clima y la propia vida se desarrollaron a través de un proceso de cambios convulsivos, saltos bruscos y todo tipo de transformaciones, incluidas regresiones. Lejos de ser una línea recta, la evolución de la Tierra y de la vida está llena de contradicciones. El primer período de la historia de la Tierra, el Arcaico, se prolongó hasta hace 1.800 millones de años. Al principio la atmósfera estaba compuesta principalmente de dióxido de carbono, amoníaco, agua y nitrógeno, pero no había oxígeno libre. Antes de este punto no había ningún tipo de vida sobre la Tierra. Así pues, ¿cómo surgió?

Como hemos visto, hasta principios del siglo XX los geólogos creyeron que la Tierra tenía una historia muy limitada. Gradualmente quedó claro que el planeta era mucho más viejo y, además, su historia se caracterizaba por cambios constantes, a veces de dimensiones gigantescas. Podemos ver un fenómeno similar respecto a la supuesta edad del sistema solar, que parece ser mucho más viejo de lo que se creía. Baste con decir que los avances de la tecnología después de la Segunda Guerra Mundial, especialmente el descubrimiento de los relojes atómicos, sentaron las bases para mediciones más precisas, lo que significó un enorme paso adelante en la comprensión de la evolución de nuestro planeta.

Hoy en día podemos decir que la Tierra se convirtió en un planeta sólido hace más de 4.500 millones de años, lo que cerró los estadios "iniciales" de la historia de la Tierra. Sin embargo, ese período convulsivo representa al menos el 88% de la historia del planeta. Desde el punto de vista cotidiano parece un período inimaginable, pero cuando se habla de tiempo geológico entramos en un orden de magnitudes totalmente diferente. Los geólogos piensan en millones y miles de millones de años de la misma manera que nosotros pensamos en horas, días y semanas. Se hizo necesario crear una escala temporal diferente capaz de abarcar esos lapsos de tiempo. En comparación, la historia del género humano no es más que un momento fugaz. Desgraciadamente los pocos restos que tenemos de este período nos impiden tener una imagen más clara de estos procesos.

Para entender el origen de la vida es necesario conocer la composición de la atmósfera y el medio ambiente primitivos de la Tierra. Dado el probable escenario de la formación de la Tierra a partir de una nube de polvo, su composición habría sido principalmente hidrógeno y helio. Actualmente la Tierra contiene grandes cantidades de elementos más pesados, como el oxígeno y el hierro. De hecho, la atmósfera está compuesta por un 79% de nitrógeno y un 21% de oxígeno. La razón para esto es que el hidrógeno y el helio, más ligeros, escaparon de la atmósfera terrestre en la medida en que la fuerza gravitatoria no era lo suficientemente fuerte como para retenerlos. Los planetas más grandes, con una gravitación mayor, como Júpiter y Saturno, han mantenido una densa atmósfera de hidrógeno y helio. En contraste, la Luna, que es mucho más pequeña, ha perdido toda su atmósfera.

Los gases volcánicos que formaban la atmósfera primitiva debieron de haber contenido agua, junto con metano y amoníaco. Esto sirvió para saturar la atmósfera y provocar lluvia. Con el enfriamiento de la superficie terrestre, empezaron a formarse mares y lagos. Se cree que estos mares constituyeron la "sopa" prebiótica (anterior a la vida) en la que, bajo el efecto de los rayos ultravioleta del Sol, a partir de los elementos químicos presentes se sintetizaron compuestos orgánicos nitrogenados complejos, como los aminoácidos. Este efecto de la radiación ultravioleta fue posible por la inexistencia de ozono atmosférico. Esta es la base de la hipótesis Oparin-Haldane.

Toda la vida se organiza en células, excepto los virus. Incluso la célula más simple es un fenómeno extremadamente complejo. La teoría convencional afirma

que el calor de la propia Tierra hubiera sido suficiente para formar compuestos complejos a partir de los simples. Las primeras formas de vida eran capaces de almacenar energía a partir de la radiación solar ultravioleta. Sin embargo, los cambios en la composición de la atmósfera cortaron el suministro de rayos ultravioleta. Ciertos agregados que habían producido clorofila fueron capaces de utilizar la luz visible que penetraba a través de la capa de ozono que filtraba la radiación ultravioleta. Estas algas primitivas consumían dióxido de carbono y emitían oxígeno, llevando así a la creación de la actual atmósfera.

A través de todo el curso del tiempo geológico podemos encontrar una interdependencia dialéctica entre actividad atmosférica y actividad biológica. Por un lado, la mayoría del oxígeno libre atmosférico es consecuencia de la fotosíntesis. Por otro, cambios en la composición de la atmósfera, especialmente el aumento de la cantidad de oxígeno molecular (O_2), dieron el pistoletazo de salida para innovaciones biológicas importantes que permitieron el surgimiento y diversificación de nuevas formas de vida.

¿Cómo surgieron las primeras células vivas de la sopa primitiva de aminoácidos y otras moléculas simples, hace unos cuatro mil millones de años? La teoría estándar, expresada en 1953 por el premio Nobel de Química Harold Urey y su estudiante Stanley Miller, era que la vida surgió espontáneamente en una atmósfera primitiva de metano, amoníaco y otras sustancias químicas, activada por relámpagos. Más reacciones químicas habrían permitido la transformación de los compuestos vivientes simples en moléculas más complejas, llegando a producir moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico), de doble hélice, o de ARN (ácido ribonucleico), de un solo ramal, ambas con capacidad de reproducirse.

La posibilidad de que esto suceda por accidente es realmente remota, como les gusta remarcar a los creacionistas. Si el origen de la vida fuese un acontecimiento aleatorio, los creacionistas tendrían un gran argumento a su favor. ¡Sería un milagro! Las estructuras básicas de la vida y de la actividad genética dependen del ADN y el ARN, moléculas extraordinariamente complejas y sofisticadas. Para formar una sola molécula de proteína habría que combinar varios cientos de aminoácidos en un orden determinado, una tarea formidable incluso en un laboratorio con el equipo más avanzado. Las posibilidades de que esto ocurra accidentalmente en una pequeña charca tibia son astronómicamente remotas.

Esta cuestión ha sido abordada recientemente desde el punto de vista de la complejidad, una de las ramas de la teoría del caos. Stuart Kauffman, en su trabajo sobre genética y complejidad, plantea la posibilidad del surgimiento de un tipo de vida como resultado de la emergencia espontánea del orden en el caos, a través del funcionamiento natural de las leyes de la física y la química. Si la sopa primitiva era suficientemente rica en aminoácidos, no sería necesario esperar por reacciones casuales. Se podría haber formado un entramado coherente y autorreforzado de reacciones a partir de los compuestos existentes en la sopa.

Mediante la acción de catalizadores, diferentes moléculas pudieron interaccionar y fusionarse para formar lo que Kauffman denomina un “complejo auto-

catalítico". De esta manera, el orden emergente a partir de un sistema de caos molecular se manifestaría en forma de un sistema que crece. Esto no es todavía la vida tal y como la conocemos hoy en día. No tendría ADN ni código genético ni membrana celular. Y, sin embargo, sí tendría algunas de las propiedades de la vida. Por ejemplo, podría crecer. Tendría una especie de metabolismo, absorbiendo de forma continua "alimento" molecular en forma de aminoácidos y otros compuestos simples que iría agregando a sí mismo. Tendría inclusive un sistema primitivo de reproducción, extendiéndose para cubrir un área más amplia. Esta idea, que representa un salto cualitativo (una transición de fase, en el lenguaje de la complejidad), significaría que la vida no habría surgido como un acontecimiento casual, sino como resultado de una tendencia hacia la organización inherente a la naturaleza.

Los primeros organismos animales eran células capaces de absorber la energía almacenada en las células vegetales. El cambio en la composición de la atmósfera, la desaparición de la radiación ultravioleta y la presencia de las formas de vida ahora existentes descartan la creación de nueva vida hoy en día, a no ser en un laboratorio. Ante la ausencia de rivales o predadores en los océanos, los primeros compuestos se habrían expandido muy rápidamente. Llegados a cierto punto, se daría un cambio cualitativo, con la formación de moléculas de ácido nucleico capaces de autorreproducirse: un organismo vivo. De esta manera, la materia orgánica surge de la inorgánica. La vida es el producto de una determinada organización de la materia inorgánica. Gradualmente, y a lo largo de millones de años, las mutaciones irían dando lugar a nuevas formas de vida.

Así podemos llegar a una edad mínima para la vida en la Tierra. En los tiempos arcaicos, uno de los principales obstáculos para la evolución de la vida tal y como la conocemos era la ausencia de una pantalla de ozono en la atmósfera exterior. Esto permitía la penetración en las capas superficiales de los océanos de todas las radiaciones provenientes del universo, incluidos los rayos ultravioleta que desactivaban las moléculas de ADN, inductoras de la vida. Los primeros organismos primitivos vivos, las células procariotas, eran unicelulares, carecían de núcleo y no podían llevar a cabo la división celular. Sin embargo eran relativamente resistentes a la radiación ultravioleta o, según una teoría, dependían de ella. Estos organismos fueron la forma más común de vida durante unos 2.400 millones de años.

Las procariotas se reproducían asexualmente a través de gemaciones y divisiones. Generalmente la reproducción asexual crea seres idénticos, a no ser que se produzca una mutación, lo cual es bastante poco frecuente. Esto explica la lentitud del cambio evolutivo en ese período. Sin embargo, la aparición de células con núcleo (eucariotas) abrió las puertas a una mayor complejidad. Parece ser que la evolución de las eucariotas surgió de una colonia de procariotas. Por ejemplo, algunas procariotas actuales pueden invadir y vivir dentro de células eucariotas. Algunos orgánulos (parte dentro de las células que cumplen la fun-

ción de órganos) de eucariotas tienen su propio ADN, que podría ser un resto de una existencia previa independiente. La vida tiene toda una serie de rasgos principales, incluidos el metabolismo (la totalidad de cambios químicos que se dan en un organismo) y la reproducción. Si aceptamos la continuidad de la naturaleza, los organismos más simples que existen hoy en día tienen que haber evolucionado a partir de procesos cada vez más simples. Además, las bases materiales de la vida son los elementos más comunes del Universo: hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno.

Una vez aparecida, la propia vida constituye una barrera que impide el surgimiento futuro de nueva vida. El oxígeno molecular, un subproducto de la vida, surge del proceso de fotosíntesis, que transforma la luz en energía. "La vida que tenemos en la Tierra hoy en día de hecho se divide en dos grandes categorías reconocidas desde hace tiempo por la especie humana: los animales, que respiran oxígeno, y las plantas fotosintéticas, que crecen por la luz", plantea Bernal. "Los animales pueden vivir en la oscuridad pero necesitan aire para respirar, ya sea aire libre u oxígeno disuelto en agua. Las plantas no necesitan oxígeno —de hecho lo producen a la luz del día— pero no pueden crecer durante largo tiempo en la oscuridad. Por tanto, ¿cuáles aparecieron primero? ¿O les precedió alguna otra forma de vida? Esta alternativa parece ahora casi cierta. Estudios detallados de las historias de la vida, la anatomía celular interna y el metabolismo tanto de plantas como de animales demuestran que son familiares divergentemente especializados de algún zoófito. Este tiene que haber sido parecido a algún tipo de bacteria actual que puede desarrollar al mismo tiempo funciones de animales y plantas, y actuar tanto como agente oxidante y como fotosintetizante"[150].

FORMAS DE VIDA PRIMITIVAS

Es llamativo que los cromosomas de todos los organismos vivos, desde las bacterias a los seres humanos, tengan una composición similar. Todos los genes están hechos del mismo tipo de sustancias químicas: nucleoproteínas. Esto también es cierto para los virus, los organismos más simples conocidos, que están en el umbral que separa la materia orgánica de la inorgánica. La composición química de las nucleoproteínas permite a la entidad molecular reproducirse a sí misma, la característica básica de la vida, tanto en genes como en virus.

Engels plantea que la evolución de la vida no se puede entender sin todo tipo de formas transitorias:

"Las *líneas duras y rígidas* son incompatibles con la teoría de la evolución. Inclusive la línea limítrofe entre los vertebrados e invertebrados ya no es rígida, y menos aún la que separa a los peces de los anfibios, en tanto que la que existe

150. J. D. Bernal, *op. cit*., p. 26.

entre las aves y los reptiles se reduce cada vez más, con cada día que pasa. Entre el *Compsognathus* y el *Archaeopteryx*, sólo faltan unos pocos eslabones intermedios, y los picos dentados en aves surgen en ambos hemisferios. 'O bien..., o sino' resulta cada vez más inadecuado. Entre los animales inferiores no se puede establecer con nitidez el concepto del individuo. No sólo respecto de si determinado animal es un individuo o una colonia, sino, además, en el plano del desarrollo, dónde termina *un* individuo y empieza el otro (nodrizas).

"Para una etapa de la concepción de la naturaleza en que todas las diferencias se unen en etapas intermedias, y todos los contrarios se confunden entre sí por eslabones intermedios, ya no basta el antiguo método metafísico de pensamiento. La dialéctica, que de igual manera no conoce líneas rígidas, ningún 'o bien... o si no' incondicional, de validez universal y que franquee las diferencias metafísicas fijas, y que además del 'o bien... o si no' reconoce también en el lugar adecuado 'tanto esto... como aquello' y reconcilia los contrarios, es el único método de pensamiento adecuado, en el más alto grado, para esta etapa. Es claro que para la utilización cotidiana, para el cambio menudo de la ciencia, las categorías metafísicas conservan su validez"[151].

Las líneas divisorias entre la materia viva y la inanimada, entre animales y plantas, reptiles y mamíferos, no son tan claras como se podría suponer. Los virus, por ejemplo, forman una clase de la que no se puede decir que sea vida tal y como la entendemos, y sin embargo poseen claramente algunos de los atributos de la vida. Como escribe Ralph Buchsbaum:

"Los virus se encuentran entre las proteínas más grandes conocidas, y ya se han obtenido bastantes de ellos en forma cristalina pura. Incluso después de repetidas cristalizaciones, un tratamiento al que obviamente ninguna sustancia viva ha sido nunca capaz de sobrevivir, los virus retoman sus actividades y se multiplican cuando se les devuelve a condiciones favorables. Aunque hasta ahora nadie ha conseguido cultivarlos en ausencia de materia viva, está claro que los virus ayudan a llenar el eslabón que anteriormente se creía que existía entre seres vivos y no vivos. Ya no se puede decir que existe una distinción misteriosa y brusca entre lo vivo y lo no vivo, sino que más bien parece existir una transición gradual en complejidad.

"Si nos imaginamos que las primeras sustancias autopropagantes eran parecidas a los virus, no es difícil suponer que una agregación de proteínas del tipo de los virus podrían llevar al desarrollo de organismos mayores tipo bacterias, independientes, creando su propia comida a partir de sustancias simples y utilizando la energía del Sol.

"Este nivel de organización puede compararse con las formas actuales de *bacterias independientes*, algunas de las cuales realizan la fotosíntesis sin clorofila, utilizando diferentes pigmentos verdes o púrpuras en su lugar. Otras utilizan la energía derivada de la oxidación de compuestos simples de nitrógeno,

151. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 171.

sulfuro o hierro. Éstas, por ejemplo, pueden oxidar amoníaco en nitratos o sulfuros de hidrógeno en sulfatos, liberando energía que se utiliza para formar carbohidratos"[152].

El lapso relativamente breve entre la formación del planeta y el enfriamiento de su corteza superficial significó que el surgimiento de la vida tuvo lugar en un período de tiempo sorprendentemente corto. Stephen Jay Gould explica que "la vida, con toda su complejidad, probablemente surgió rápidamente enseguida que pudo"[153]. Los microfósiles de hace 3.500 millones de años son, tal y como era de suponer, células procariotas (bacterias, metanógenos y algas verdeazuladas). Se consideran las formas de vida más simples sobre la Tierra, aunque incluso en ese momento había diversidad. Lo que significa que hace 3.500 ó 3.800 millones de años emergió nuestro ancestro común, a la par que otras formas hoy extintas.

En ese momento había muy poco oxígeno molecular en la atmósfera, si es que había alguno. Los organismos que la habitaban no necesitaban oxígeno; de hecho, los hubiese matado. Crecían oxidando el hidrógeno y reduciendo el dióxido de carbono a metano. Se ha sugerido que estos organismos tuvieron que ser similares a los hipertermófilos que habitan los ambientes muy calientes de las solfataras volcánicas. No obtienen su energía del oxígeno, sino convirtiendo sulfuro en sulfito de hidrógeno.

"Uno puede hacerse la imagen", escribe Richard Dickerson, "de que, antes de que evolucionaran las células vivientes en el océano primitivo, hormigueaban glóbulos con una química especial que sobrevivían durante largo tiempo y luego desaparecían de nuevo. (...) Aquellos glóbulos que por pura casualidad contuviesen los catalizadores capaces de inducir polimerizaciones 'útiles' sobrevivirían más tiempo que los otros; la probabilidad de supervivencia estaría directamente vinculada a la complejidad y efectividad de su 'metabolismo'. A lo largo de extensísimos períodos de tiempo, se daría una fuerte selección química de los tipos de glóbulos con capacidad para absorber moléculas y energía de su entorno e incorporarlas como sustancias favorecedoras de su supervivencia, no sólo la de los glóbulos padres, sino también la de los glóbulos hijos en que los padres se dispersaban cuando se hacían demasiado grandes. Esto no es vida, pero se acerca a ella"[154].

Dada la falta de registro fósil, es necesario analizar la organización de la célula moderna para arrojar luz sobre sus orígenes. Para que las formas de vida más simples se puedan reproducir, tienen que tener un aparato genético que contenga los ácidos nucleicos. Si las células son las unidades básicas de la vida, podemos estar casi seguros de que los organismos originales contenían ácidos nucleicos, o polímeros muy cercanos. Las bacterias, por ejemplo, están compuestas de una sola célula y posiblemente son el prototipo de toda célula viviente.

---

152. R. Buchsbaum, *Animals Without Backbones*, vol. 1, p. 12.
153. S. J. Gould, *The Panda's Thumb*, p. 181.
154. *Scientific American*, nº 239, 1978.

La bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) es tan pequeña que un billón de sus células cabrían en un centímetro cúbico. Tiene una membrana celular que mantiene encerradas las moléculas esenciales y selecciona y absorbe moléculas útiles del exterior. Mantiene el equilibrio entre la célula y su medio ambiente. El principal metabolismo de la célula tiene lugar en la membrana, donde se dan cientos de reacciones químicas utilizando los nutrientes del medio ambiente para desarrollarse y crecer. La *E. coli* se reproduce cada veinte minutos. Esta transformación única dentro de la célula es posible por un grupo de moléculas llamadas enzimas, que son catalizadores que aceleran las reacciones químicas sin ser alterados en el proceso. Trabajan repetidamente, transformando continuamente nutrientes en productos.

La reproducción es un elemento esencial de la vida. En la división celular se crean un par de células hijas idénticas. El mecanismo para la duplicación, para hacer nuevas moléculas de proteínas con exactamente la misma secuencia que la célula madre, está codificado en los ácidos nucleicos. Son únicos en el sentido de que ellos solos, con la ayuda de ciertos enzimas, son capaces de reproducirse directamente. El ADN porta toda la información necesaria para dirigir la síntesis de nuevas proteínas, pero no puede hacerlo directamente, sino que actúa como una plantilla de la que se hacen copias (el ARN mensajero) que se acoplan al sistema sintetizador. La secuencia de nucleótidos en el ADN es el código genético. Los ácidos nucleicos no se pueden replicar sin enzimas, y no se pueden producir enzimas sin ácido nucleico. Tienen que haberse desarrollado paralelamente. Es probable que en la "sopa" originaria de elementos existiesen moléculas de ARN que fueran también enzimas, que se desarrollaron gracias a la selección natural. Este tipo de enzimas de ARN se unieron para formar una hélice, sentando las bases para el ARN replicante. La replicación genética por supuesto no está exenta de errores (mutaciones). En la *E. coli*, la tasa de error es de uno por cada diez millones de copias. A lo largo de millones de generaciones, estas mutaciones pueden tener poco efecto o, por el contrario, pueden provocar grandes cambios en el organismo y, a través de la selección natural, llevar a la formación de nuevas especies.

El siguiente estadio en la evolución orgánica fue el desarrollo de otros polímeros (combinaciones de moléculas) agrupados en familias enteras. Se necesitaba una estructura para encerrar las moléculas: una *membrana celular* semipermeable. Las membranas celulares son estructuras complejas en un equilibrio muy frágil entre el estado sólido y el líquido. Pequeños cambios en la composición de la membrana pueden provocar un cambio cualitativo, tal y como explica Chris Langton: "Hazla temblar aunque sea muy ligeramente, cambia un poco la composición del colesterol, cambia un poco la composición de los ácidos grasos, deja que una sola molécula de proteína se una con un receptor en la membrana, y puedes producir grandes cambios, cambios biológicamente útiles"[155].

155. Citado en R. Lewin, *Complexity, Life at the Edge of Chaos*, p. 51.

FOTOSÍNTESIS Y REPRODUCCIÓN SEXUAL

Como podemos ver, la evolución de la célula es un estadio relativamente bastante avanzado de la evolución orgánica. A medida que los abundantes componentes de la sopa biótica se fueron agotando, fue necesaria la evolución de materiales orgánicos atmosféricos solubles en agua. El siguiente paso fue el que va de la fermentación, el sistema más simple pero menos eficaz de metabolismo, a la fotosíntesis. Se había llegado a la molécula clorofílica. Esto permitió a los seres vivos atrapar la luz solar para sintetizar moléculas orgánicas. Los primeros fotosintetizadores se apartaron de la competencia por las moléculas ricas en energía, cada vez más escasas, y se convirtieron en productores primarios. Una vez conseguida la fotosíntesis, se aseguró el futuro de la vida. Tan pronto como hubo suficiente oxígeno, fue posible la respiración. De acuerdo con las leyes de la selección natural, la fotosíntesis tuvo tanto éxito que aniquiló todas las formas de vida anteriores y dejó su marca sobre todas las posteriores

Este desarrollo representa un salto cualitativo. La posterior evolución hacia formas más complejas de vida es un proceso que conduce finalmente a una nueva rama de la vida, la célula nucleada. En la cima del árbol eucariota aparecen simultáneamente diferentes ramas, como plantas, animales y hongos. Según el biólogo molecular norteamericano Mitchell Sogin, la cantidad de oxígeno afectó al ritmo de la evolución. La composición química de las rocas antiguas sugiere que el oxígeno atmosférico aumentó en etapas claramente diferenciadas, separadas por largos períodos de estabilidad. Algunos biólogos piensan que la explosión de la vida se podría haber disparado al alcanzar un cierto nivel de oxígeno.

La célula eucariota se adaptó completamente al oxígeno y mostró poca variación. El surgimiento de esta nueva y revolucionaria forma de vida permitió la reproducción sexual avanzada, lo que a su vez aceleró el ritmo de la evolución. Mientras que las procariotas sólo se dividen en dos grupos de organismos —las bacterias y las algas verdeazuladas, éstas fotosintetizadoras—, las eucariotas comprenden todas las plantas verdes, todos los animales y los hongos. La reproducción sexual representa otro salto adelante cualitativo. Requiere que el material genético esté empaquetado dentro del núcleo y permite la mezcla de los genes de dos células, por lo que las posibilidades de variación son mayores. De esta manera, en la reproducción, los cromosomas de las células eucariotas se fusionan para producir nuevas células. La selección natural sirve para preservar las variantes más favorables de la combinación genética.

Uno de los aspectos clave de la vida es la reproducción. Todas las células de animales y plantas tienen las mismas estructuras internas básicas. La reproducción y transmisión de las características de los padres (herencia genética) se produce a través de la unión de los gametos (células sexuales): óvulo y espermatozoide. El material genético del ADN, a través del cual se transmiten las características de una generación a otra, está presente en los núcleos de todas las célu-

las. La estructura de la célula, que se compone de citoplasma, también contiene orgánulos, cuya estructura interna es idéntica a la de diferentes tipos de bacterias, lo que parece indicar que la composición de las células de plantas y animales es el resultado de la combinación de estos órganos, antaño independientes y con su propio ADN, en un todo cooperativo. En los años 70 se descubrieron los microtúbulos. Son varillas de proteínas que llenan todas las células del cuerpo, como un andamiaje interno. Este "esqueleto" interno da forma a la célula y parece jugar un papel en la circulación de proteínas. El surgimiento de la célula eucariota constituyó una revolución biológica hace unos 1.500 millones de años, fue un cambio cualitativo en la evolución de la vida.

La reproducción sexual surgió a partir de la división asexuada. En cualquier célula, animal o vegetal, el ADN está organizado en pares de cromosomas en el núcleo. Estos cromosomas llevan los genes que determinan las características individuales. La descendencia, aunque combina las características de sus progenitores, es diferente de ellos. Parece ser que el origen de la reproducción sexual está ligado al hecho de que los organismos primitivos se alimentasen los unos de los otros. El material genético de los dos individuos se fusionaba, produciendo un nuevo individuo con dos juegos de cromosomas. Entonces el organismo más grande se dividía en dos partes, cada una de ellas con la cantidad correcta de cromosomas. Existían cromosomas sencillos y dobles, pero con el tiempo las parejas de cromosomas pasaron a ser la condición normal en plantas y animales. Esto sentó las bases para la evolución hacia los organismos multicelulares.

Hace unos 700 ó 680 millones de años aparecieron los primeros *metazoos*, organismos multicelulares complejos que necesitaban oxígeno para su crecimiento. Durante ese período, la cantidad de oxígeno atmosférico se incrementó constantemente, alcanzando su nivel actual hace unos 140 millones de años. La evolución tiene un carácter marcadamente dialéctico, en el que largos períodos de cambio gradual y cuantitativo se ven interrumpidos por explosiones repentinas. Uno de estos períodos se dio hace 570 millones de años.

LA EXPLOSIÓN CÁMBRICA

Hace falta un esfuerzo de imaginación para poder ver lo recientes que son las formas de vida complejas sobre la Tierra. Imaginémonos un mundo en el que la Tierra estuviera formada por áridas rocas barridas por el viento, en el que las formas más complejas fueran matas de algas. Esta fue la situación durante la mayor parte de la historia de nuestro planeta. Durante millones de años, el desarrollo de la vida fue prácticamente estático. Entonces, ese mundo estancado explotó repentinamente, dando lugar a una de las erupciones más dramáticas en la historia de la vida: la llamada *explosión cámbrica*. El registro fósil muestra una extraordinaria proliferación de formas de vida diferentes. Las conchas y los esqueletos animales

facilitaron su fosilización. La explosión de nuevas formas de vida en los océanos fue paralela a la extinción masiva de los viejos estromatolitos, que habían sido la forma dominante durante el Proterozoico. La aparición de una inmensa multitud de criaturas multicelulares transformó la faz de la Tierra.

"Quizás lo más llamativo (y también lo más desconcertante) sobre el registro fósil es su inicio", escribe F. H. T. Rhodes. "Los fósiles aparecieron primero en cantidades apreciables en rocas del período Cámbrico Inferior, depositadas hace unos 600 millones de años. Rocas anteriores (precámbricas) son casi completamente no fosilíferas, a pesar de que en ellas se han conservado algunos rastros de organismos antiguos. La diferencia entre los dos grupos de rocas es tan grande como parece: un paleontólogo podría investigar durante toda su vida estratos precámbricos que pareciesen prometedores y no encontrar nada (y muchos lo han hecho); pero, cuando pasa a los cámbricos, aparecen los fósiles —una gran variedad de formas, bien preservadas, extendidas por todo el mundo y relativamente comunes—. Esta es la primera característica de los fósiles comunes más antiguos, y es como un choque para el evolucionista. Porque en lugar de aparecer gradualmente, con una secuencia y desarrollo demostrable ordenado, aparecen en lo que semeja una explosión geológica"[156].

A pesar de su genialidad, Darwin fue incapaz de explicarse la explosión cámbrica. Aferrado a su concepción gradualista de la evolución, creyó que ese brusco salto era sólo aparente y se debía a que el registro fósil estaba incompleto. En los últimos años se han hecho nuevos y sorprendentes descubrimientos en el campo de la paleontología que han llevado a un replanteamiento de la interpretación de la evolución. La vieja idea de la evolución como un proceso ininterrumpido de cambio gradual ha sido desafiada, especialmente por Stephen Jay Gould, cuyas investigaciones sobre el registro fósil de Burgess Shale (importante yacimiento fósil en la Columbia Británica, Canadá) han transformado el punto de vista de toda una generación.

La vida no se desarrolló en una línea recta de progreso evolutivo constante, sino como un proceso, muy bien explicado por Stephen Jay Gould, de equilibrio *puntuado* ("interrumpido"), en el que largos períodos de aparente estabilidad se alternan con otros de cambios catastróficos repentinos y extinciones masivas de especies. Durante 500 millones de años, las líneas divisorias de los períodos geológicos están marcadas por convulsiones repentinas en las que la desaparición de algunas especies deja el camino libre para la proliferación de otras. Es el equivalente biológico a los procesos geológicos de formación de montañas y de deriva continental. No tienen nada en común con la vulgar caricatura de la evolución entendida como un simple proceso gradual de cambio y adaptación.

De acuerdo con la teoría clásica de Darwin, el surgimiento de las primeras formas de vida multicelular complejas tenía que haber sido precedido de un largo

156. F. H. T. Rhodes, *The Evolution of Life*, pp. 77-8.

período de cambio progresivo y lento culminado hace 500 millones de años en la explosión cámbrica. Sin embargo, los descubrimientos más recientes concluyen que no fue así. Las investigaciones de Gould y otros demuestran que durante dos tercios de la historia de la vida en la Tierra, casi 2.500 millones de años, la vida estuvo confinada al menor nivel de complejidad registrado, la célula procariota, y nada más.

"Otros 700 millones de años de células eucariotas mucho mayores e intrincadas, pero sin agregación de vida animal multicelular. Entonces, en un guiño de tiempo geológico de 100 millones de años, tres faunas totalmente diferentes: Ediacara, Tommot y Burgess. Desde entonces, más de 500 millones de años de historias maravillosas, triunfos y tragedias, pero ni un solo *filo* (serie de organismos que poseen un antecesor común) nuevo, ni diseño anatómico básico, se ha añadido al registro de Burgess".

En otras palabras, el surgimiento de organismos multicelulares complejos, la base de la vida tal y como la conocemos nosotros, no fue producto de una acumulación lenta, gradual y "evolutiva" de cambios adaptativos, sino de un salto cualitativo repentino. Fue una auténtica revolución biológica, en la que "en un momento geológico cercano al principio del Cámbrico aparecieron por primera vez prácticamente todos los filos modernos, junto con algunos más, experimentos anatómicos que no sobrevivieron por mucho tiempo". Durante el Cámbrico aparecieron nueve filos de invertebrados marinos, incluidos protozoos, celentéreos (anémonas de mar, medusas), esponjas, moluscos y trilobites. La evolución de todos los filos de invertebrados tardó en completarse 120 millones de años. Por otra parte tuvimos la rápida desaparición de los estromatolitos, que habían sido la forma de vida dominante durante 2.000 millones de años.

"Los animales multicelulares modernos aparecen por primera vez de forma clara en el registro fósil hace unos 570 millones de años —y con una explosión, no en un *crescendo* prolongado—. Esta 'explosión cámbrica' marca la aparición (por lo menos en la evidencia directa) de prácticamente todos los grupos importantes de animales modernos, y todo en el minúsculo lapso de tiempo, geológicamente hablando, de unos pocos millones de años"[157].

Para S. J. Gould, "no encontramos una historia de progreso majestuoso, sino un mundo salpicado de períodos de extinciones masivas y aparición rápida entre largas extensiones de tranquilidad relativa"[158]. Y de nuevo: "La historia de la vida no es un continuo desarrollo, sino un registro interrumpido por episodios breves, en algunos casos geológicamente instantáneos, de extinción masiva y consecuente diversificación. La escala de tiempo geológico nos da un mapa de esta historia, ya que los fósiles nos proporcionan nuestro principal criterio a la hora de fijar el orden temporal de las rocas. Las divisiones de la escala temporal

157. S. J. Gould, *Wonderful Life*, pp. 60, 64 y 23-24.
158. S. J. Gould, *Ever Since Darwin*, p. 14.

se sitúan en estas interrupciones importantes debido a que las extinciones y diversificaciones rápidas dejan señales muy claras en el registro fósil"[159].

PLANTAS Y ANIMALES

Durante el Cámbrico y el Ordovícico (590 a 440 millones de años atrás) hubo un aumento impresionante de trilobites y graptolites, y un crecimiento importante por todo el mundo de las especies marinas, incluida la aparición de los primeros peces, a resultas de la extensión de los mares. Durante el Silúrico (hace 440-400 millones de años), el derretimiento de los casquetes polares provocó un importante aumento del nivel del mar.

En ese momento había una distribución de los continentes un poco singular. Los continentes del sur estaban débilmente unidos formando una protoGondwana (África, América del Sur, la Antártida, Australia y la India), pero América del Norte, Europa y Asia estaban separadas. Había un pequeño protoocéano Atlántico entre Europa y América del Norte, y el polo sur estaba situado en alguna parte al noroeste de África. Más tarde, la unión de los continentes dio lugar a la formación del supercontinente Pangea. El proceso empezó hace 380 millones de años, cuando el océano se cerró y dio lugar a la creación de la cadena montañosa de los Apalaches. Esto provocó la colisión del Báltico con Canadá, uniendo Europa con América del Norte. La continua convergencia provocó que la esquina noroccidental de Gondwana chocase con América del Norte, creando una masa de tierra semicontinua en la que todos los continentes estaban unidos.

Tal aumento de la superficie terrestre emergida provocó un cambio revolucionario en la propia evolución de la vida. Por primera vez, una forma de vida intentó desplazarse del mar a la tierra, en sus zonas costeras. Aparecieron los primeros anfibios y plantas terrestres. Este fue el punto de partida de una explosión de crecimiento de la vida animal y vegetal. Este período estuvo marcado por la desaparición del ecosistema de los mares poco profundos, lo que provocó la extinción masiva o el rápido declive de muchas especies marinas. El cambio de ambiente obligó a algunas especies a trasladarse de las zonas costeras a la tierra: algunas lo consiguieron, otras no. La inmensa mayoría de los organismos marinos adaptados a la vida en los bancos de arena o en los arrecifes de los mares poco profundos se extinguieron. Más adelante, los anfibios dieron lugar a los reptiles. Las primeras plantas terrestres pasaron por un período de crecimiento explosivo, creando enormes bosques con árboles de 30 metros de altura. Muchos de los yacimientos de carbón que estamos explotando tienen su origen en este remoto período, son producto de la acumulación de restos vegetales durante millones y millones de años pudriéndose en el suelo de los bosques prehistóricos.

159. S. J. Gould, *Wonderful Life*, p. 54.

La lógica formal se aproxima al mundo natural con un ultimátum: o esto o lo otro. Una cosa está viva o está muerta; un organismo es una planta o un animal, etc. En realidad las cosas no son tan sencillas. En el *Anti-Dühring*, Engels escribe: "Para casos cotidianos sabemos, por ejemplo, y podemos decir con seguridad si un animal existe o no existe; pero si llevamos a cabo una investigación más detallada, nos damos cuenta de que un asunto así es a veces sumamente complicado, como saben muy bien, por ejemplo, los juristas que en vano se han devanado los sesos por descubrir un límite racional a partir del cual la muerte dada al niño en el seno materno sea homicidio; no menos imposible es precisar el momento de la muerte, pues la fisiología enseña que la muerte no es un acaecimiento instantáneo y dado de una vez, sino un proceso de mucha duración"[160].

Ya hemos señalado la dificultad a la hora de clasificar los organismos primitivos, como los virus, que están en la línea divisoria entre la materia orgánica y la inorgánica. La misma dificultad surge a la hora de separar plantas de animales. Los talofitos incluyen las formas más primitivas, organismos unicelulares o grupos de células débilmente organizados. ¿Son plantas o animales? Se podría decir que son plantas porque contienen clorofila. "Viven" como plantas. Sobre esto, Rhodes dice:

"Pero esta respuesta simple no resuelve nuestro problema a la hora de reconocer una planta, si acaso lo hace más confuso, porque en lugar de darnos una línea divisoria clara y conveniente entre plantas y animales nos lleva hacia una zona confusa que se solapa entre los dos reinos. Y de la misma manera que los virus nos llevaron de vuelta al umbral de la vida, estos talofitos inferiores nos llevan al umbral mal definido que separa el mundo vegetal del animal.

"Muchos de los protozoos son, como hemos visto, claramente animales (se mueven, crecen, asimilan comida y excretan productos de desecho de la misma manera que lo hacen animales 'no dudosos'). Pero existen algunas excepciones exasperantes. Observemos por un momento el diminuto organismo unicelular *Euglena*, un habitante común de charcas y zanjas. Tiene un cuerpo más o menos ovalado que se mueve en el agua a través de los movimientos del flagelo; la criatura también puede arrastrarse y hacer movimientos como los de un gusano: en otras palabras es capaz de movimientos típicamente 'animales', ¡pero contiene clorofila y se nutre a través de la fotosíntesis!

"La *Euglena* es realmente una contradicción viva con la mayoría de nuestras ideas sobre las diferencias entre plantas y animales, y la contradicción surge no porque no podamos decidir cuál de las dos es, sino porque parece ser ambas. Otras formas muy cercanas no tienen clorofila y se comportan como cualquier otro animal, utilizando el largo filamento como un hilo para nadar, tomando y digiriendo comida, y demás. Lo que esto implica está claro. 'Plan-

160. Engels, *Anti-Dühring*, p. 22.

tas' y 'animales' son categorías abstractas de nuestra invención, concebidas y formuladas simplemente por una cuestión de conveniencia. Debido a esto, no se puede plantear que todos los organismos encajen en un grupo o en otro. Quizás la *Euglena* es un resto viviente de un grupo antiguo y primitivo de organismos acuáticos diminutos que fueron los antecesores tanto de plantas como de animales. Pero, ¿no podemos resolver el problema considerando a la clorofila como distintiva? ¿Podemos suponer que 'si tiene clorofila, es una planta' es una proposición válida? Desgraciadamente tampoco es el caso, ya que algunas de estas talofitas (los hongos), que en otros sentidos son bastante parecidos a plantas, no tienen clorofila. De hecho, estos hongos representan una familia problemática, porque en varios de sus miembros todas las características 'típicas' de las plantas (necesidad de luz solar, ausencia de movimiento y demás) no se aplican. Y sin embargo, haciendo un balance, sus miembros parecen ser plantas"[161].

La diversidad de la vida multicelular representa un nuevo salto cualitativo en la evolución de la vida. El cambio de organismos con cuerpos blandos a organismos con partes mineralizadas, tal como queda registrado en Burgess Shale, representa el desarrollo de organismos superiores. Ciertas sustancias, como la sal y el calcio, penetran en la estructura celular y los tejidos de las criaturas marinas, que necesitan secretarlas. Dentro de la célula, los orgánulos que se encargan del metabolismo o la energía (mitocondrias) absorben el calcio y el fosfato y los expulsan en forma de fosfato cálcico. Este mineral puede depositarse dentro de las células o puede ser utilizado para construir un esqueleto interno o externo.

El desarrollo de un esqueleto se produce normalmente a través de la siembra de cristales minerales en una proteína fibrosa llamada colágeno. El colágeno, que constituye aproximadamente un tercio de todas las proteínas de los vertebrados, sólo se puede formar en presencia de oxígeno libre. El primer paso hacia los vertebrados parece ser el *pikaia* de Burgess Shale, un animal parecido a un pez. La ascidia también parece ser el eslabón evolutivo entre aquellos animales que estaban fijados al fondo marino y obtenían su alimento filtrando nutrientes, y los peces que nadan libremente. Estos peces (ostracodermos) estaban cubiertos de escamas tipo concha y no tenían dientes ni mandíbulas. Este salto cualitativo en el Silúrico creó los primeros vertebrados.

Fue en este período, hace 410 millones de años, cuando a partir de una branquia frontal surgieron las mandíbulas, lo que permitió cazar otros animales en vez de tomar nutrientes del lecho marino. "Los primeros peces no tenían mandíbulas", dice Gould. "¿Cómo podría un mecanismo tan complejo, formado por diferentes huesos entrelazados, evolucionar desde el principio? 'Desde el principio' resulta ser una distracción. Los huesos estaban presente en los antecesores, pero cumplían alguna otra función (apoyaban una branquia arqueada localizada

161. F. H. T. Rhodes, *op. cit*., pp. 138-39.

justo detrás de la boca). Estaban bien diseñados para su papel respiratorio; habían sido seleccionados para éste y no 'sabían' nada de ninguna función futura. Retrospectivamente, los huesos estaban admirablemente preadaptados para convertirse en mandíbulas. El intrincado mecanismo ya estaba ensamblado, pero se utilizaba para respirar, no para comer".

Este fue un caso claro, en terminología marxista, de elementos de lo nuevo en lo viejo. Los primeros peces con mandíbulas, los acantopterigios (peces espada, atún, perca) dieron lugar a muchos tipos de peces óseos. Los primeros vertebrados terrestres, los anfibios, evolucionaron a partir de ellos. Gould continúa: "De manera parecida, ¿cómo podría la aleta de un pez convertirse en una extremidad terrestre? La mayoría de los peces formaron sus aletas a partir de finos rayos paralelos que no podrían aguantar el peso de un animal en tierra. Pero un grupo peculiar de peces de fondo de agua dulce, nuestros antecesores, evolucionaron y llegaron a poseer una aleta con un eje central fuerte y solamente unas cuantas proyecciones radiadas. Estaba admirablemente preadaptada para convertirse en una pierna terrestre, pero había evolucionado puramente para sus propios fines en el agua (presumiblemente para barrenar el fondo mediante la rotación brusca del eje central contra el sustrato).

"En resumen, el principio de preadaptación simplemente afirma que una estructura puede cambiar su función radicalmente sin alterar mucho su forma. Podemos tender un puente sobre las etapas intermedias argumentando el mantenimiento de las viejas funciones mientras se están desarrollando las nuevas"[162].

El *Eusthenopteron* tenía aletas musculosas y pulmones, además de branquias. Durante los períodos de sequía, estos peces se aventuraban fuera de las charcas y respiraban aire a través de sus pulmones. Muchos de los anfibios carboníferos pasaban la mayor parte del tiempo en tierra, pero volvían al agua a poner sus huevos. De aquí, el salto evolutivo siguiente fue hacia los reptiles, que pasaban la mayor parte de su tiempo en tierra y ponían menos huevos, envueltos en una cáscara de carbonato cálcico. Comentando estos saltos evolutivos, Engels escribe: "Desde el momento en que aceptamos la teoría evolucionista, todos nuestros conceptos sobre la vida orgánica corresponden sólo aproximadamente a la realidad. De lo contrario no habría cambio: el día que los conceptos coincidan por completo con la realidad en el mundo orgánico, termina el desarrollo. El concepto de pez incluye vida en el agua y respiración por branquias; ¿cómo haría usted para pasar del pez al anfibio sin quebrar este concepto? Y éste ha sido quebrado y conocemos toda una serie de peces cuyas vejigas natatorias se han transformado en pulmones, pudiendo respirar en el aire. ¿Cómo, si no es poniendo en conflicto con la realidad uno o ambos conceptos, podrá usted pasar del reptil ovíparo al mamífero, que pare sus hijos ya en vida? Y en realidad, en los monotremas tenemos toda una subespecie de mamíferos ovíparos. En 1843

162. S. J. Gould, *Ever Since Darwin*, pp. 107-108.

yo vi en Manchester los huevos del ornitorrinco, y con arrogante limitación mental me burlé de tal estupidez, ¡como si un mamífero pudiese poner huevos! Y ahora ha sido comprobado"[163].

EXTINCIONES MASIVAS

La frontera entre el Paleozoico y el Mesozoico (hace 250 millones de años) representa el mayor período de extinciones de todo el registro fósil. Los invertebrados marinos se vieron especialmente afectados. Grupos enteros se extinguieron, incluidos los trilobites, que habían dominado los océanos durante millones de años. La vida vegetal casi no se vio afectada, pero el 75% de las familias de anfibios y el 80% de las de reptiles desaparecieron. Se calcula que actualmente desaparecen tres o cuatro familias cada millón de años. Pero al final del Paleozoico se produjo la desaparición del 75-90% de todas las especies. La evolución de las especies se desarrolla a través de este tipo de acontecimientos catastróficos. Sin embargo, tal proceso de extinciones masivas no representa un paso atrás en la evolución de la vida. Al contrario, precisamente ese período preparó un importante paso adelante para el desarrollo de la vida. Los vacíos que dejó en el medio ambiente la desaparición de algunas especies dieron la oportunidad a otras para desarrollarse, florecer y dominar la Tierra.

Los factores que influyen en la distribución, diversidad y extinciones de las formas de vida son infinitamente variados. Además están dialécticamente interrelacionados. La deriva continental provoca cambios de latitud y, por lo tanto, cambios climáticos. Las variaciones del clima crean ecosistemas que son más o menos favorables para diferentes organismos. La resistencia a las fluctuaciones y condiciones climáticas son factores clave en este proceso, dando lugar a una mayor diversificación. Podemos observar cómo la diversidad aumenta a medida que nos acercamos al Ecuador.

La ruptura de los continentes, sus separaciones y colisiones, todos estos factores cambian las condiciones en las que se desarrollan las especies, separando un grupo de otro. El aislamiento físico provoca nuevas variaciones adaptativas que reflejan el nuevo entorno. Por lo tanto, la fragmentación continental tiende a incrementar la diversidad de la vida. Los canguros pudieron sobrevivir porque Australia quedó aislada muy pronto del resto de los continentes, antes de la explosión de los mamíferos que provocó la extinción en otros continentes de los grandes marsupiales. De igual manera, la desaparición de los océanos provocó extinciones masivas de especies marinas pero, al mismo tiempo, creó las condiciones para el desarrollo de nuevas plantas y animales terrestres, como fue el caso al comienzo de Pangea. Por lo tanto, el nacimiento y la muerte están indisolublemente unidos en la cadena evolutiva del desarrollo, en

163. Carta de Engels a Schmidt (12/3/1895), en Marx y Engels, *Correspondencia*, pp. 438-39.

la que la extinción masiva de unas especies es la precondición para el surgimiento y el desarrollo de otras mejor adaptadas para sobrevivir en las nuevas condiciones.

No se puede ver la evolución de las especies como un hecho aislado, encerrado en sí mismo, sino como el resultado de la compleja y constante interacción de diferentes elementos: no sólo una infinita cantidad de mutaciones genéticas, sino también los cambios en el medio ambiente, las fluctuaciones del nivel y la salinidad del mar, las corrientes oceánicas, el aporte de nutrientes y posiblemente incluso factores como la inversión del campo magnético de la Tierra o el impacto de grandes meteoritos sobre su superficie. La interrelación dialéctica entre estas diferentes tendencias es lo que condiciona el proceso de selección natural, que ha creado formas de vida mucho más ricas, variadas y hermosas que las más fantásticas invenciones de la literatura.

12. El nacimiento revolucionario del hombre

El Mesozoico, la época de los dinosaurios

La masa continental Pangea, creada por la colisión de los continentes en el Paleozoico, se mantuvo intacta durante unos cien millones de años. Esto dio lugar a un nuevo conjunto de condiciones tectónicas, climáticas y biológicas. Pero en el Mesozoico (hace 250-65 millones de años) las cosas se convirtieron en su contrario. El supercontinente empezó a romperse. Enormes glaciares cubrían las zonas más al sur de África-América-Australia y la Antártida. Durante el Triásico (hace 250-205 millones de años), los dinosaurios evolucionaron en la tierra, los plesiosaurios e ictiosaurios en el mar y los pterosaurios, reptiles alados, dominaron más tarde el aire. Los mamíferos evolucionaron muy lentamente a partir de los reptiles terápsidos. El crecimiento explosivo de los dinosaurios, que dominaron sobre todas las formas de vida terrestre vertebrada, impidió un mayor desarrollo de los mamíferos, que durante millones de años siguieron siendo pequeños y poco numerosos y buscando comida durante la noche, eclipsados por la sombra de sus gigantescos contemporáneos.

El Jurásico (hace 205-145 millones de años) presenció un cambio climático importante marcado por la retirada de los glaciares, lo que aumentó la temperatura global hacia el final del período. Durante el Mesozoico, el nivel de los mares subió por lo menos 270 metros, alcanzando el doble de su nivel medio actual.

Se tarda bastante en romper un supercontinente. La ruptura de Pangea empezó a principios del Jurásico y el último continente no se separó hasta principios del Cenozoico. La primera separación fue sobre el eje este-oeste, en que la creación del mar de Tetis dividió Pangea en dos: Laurasia en el norte y Gondwana en el sur. A su vez, Gondwana se dividió en tres partes: India, Australia y la Antártida. A finales del Mesozoico se produjo una división norte-sur, creando el océano Atlántico, que separó América del Norte de Laurasia y América del Sur de África. India y África se desplazaron hacia el norte, chocando la primera con Asia y la segunda parcialmente con Europa después de la desaparición del mar de Tetis, del que

el actual Mediterráneo es un vestigio. En los océanos Pacífico, Atlántico e Índico se dieron períodos de rápida extensión del suelo marino, que contribuyeron al movimiento de los fragmentos continentales.

Durante todo el Mesozoico, los dinosaurios fueron los vertebrados dominantes. A pesar de la separación de los continentes, estaban firmemente establecidos en todo el mundo. Pero al final de ese período, hace unos 65 millones de años, hubo un nuevo proceso de extinciones masivas, y los dinosaurios desaparecieron de la faz de la Tierra. La mayoría de los reptiles terrestres, marinos y voladores (dinosaurios, ictiosaurios y pterosaurios) desaparecieron, sobreviviendo solamente los cocodrilos, serpientes, tortugas y lagartos. Pero esta espectacular desaparición de especies no se limitó a los dinosaurios: un tercio de las especies vivas se extinguieron, entre ellas los ammonites, belemnites, algunas plantas, equinoideos, briozoos, etc.

El éxito de los dinosaurios fue el resultado de su perfecta adaptación a las condiciones existentes. Su población total era por lo menos tan grande como la de mamíferos actuales. En nuestros días, por todo el mundo hay mamíferos ocupando cualquier nicho ecológico disponible. Hace 70 millones de años, esos espacios estaban ocupados por una inmensa variedad de dinosaurios. Contrariamente a la impresión común de los dinosaurios como criaturas enormes y pesadas, los había de todos los tamaños. Muchos eran pequeños, caminaban erguidos sobre sus piernas traseras y podían correr bastante rápido. Muchos científicos creen que por lo menos algunos de los dinosaurios vivían en grupos, cuidaban de sus crías y posiblemente cazaban en manadas. La frontera entre el Mesozoico y el Cenozoico (hace 65 millones de años) representa otro punto de inflexión revolucionario en la evolución de la vida. Un período de extinciones masivas preparó el terreno para un enorme paso adelante evolutivo, abriendo el paso a la aparición de los mamíferos. Pero antes de tratar de este proceso, vale la pena considerar la cuestión de la desaparición de los dinosaurios.

¿POR QUÉ DESAPARECIERON LOS DINOSAURIOS?

Esta cuestión ha sido muy debatida en los últimos años, y aunque se han hecho afirmaciones bastante confiadas, especialmente por parte de los defensores de la teoría meteorito-catástrofe, todavía no está completamente resuelta. De hecho, hay muchas teorías que han intentado explicar un fenómeno que, tanto por su apariencia espectacular como por su implicación en el surgimiento de nuestra propia especie, ha cautivado la imaginación popular durante mucho tiempo. Sin embargo, es necesario recordar que no es un acontecimiento único en la evolución. No es la única extinción masiva, ni la mayor, ni siquiera la que ha tenido consecuencias evolutivas de mayor alcance.

La teoría que actualmente tiene más defensores, y a la que ciertamente se ha dado más publicidad, es la de que el impacto de un enorme meteorito en alguna parte de la superficie terrestre tuvo un efecto similar al del "invierno nuclear"

que seguiría a una guerra nuclear total. Si el impacto fuese suficientemente grande, arrojaría grandes cantidades de polvo y restos a la atmósfera. Las densas nubes que se formarían impedirían que los rayos del Sol llegasen a la superficie de la Tierra, provocando un largo período de oscuridad y disminución de las temperaturas.

Hay pruebas empíricas que sugieren que tuvo lugar algún tipo de explosión, que podría haber sido provocada por un meteorito. La teoría ha ganado terreno en los últimos años después del descubrimiento entre los restos fósiles de una fina capa de arcilla, que podría corresponderse con el efecto del polvo provocado por un impacto de ese tipo. Esta idea, por ejemplo, ha sido aparentemente aceptada por Stephen Jay Gould. Sin embargo, hay una serie de dudas por resolver. En primer lugar, los dinosaurios no desaparecieron de la noche a la mañana ni en unos pocos años. Su extinción se prolongó durante varios millones de años, un período muy corto en términos geológicos, pero suficientemente largo como para hacernos dudar de la teoría del meteorito.

Aunque no se puede descartar, la hipótesis del meteorito tiene una desventaja. Como hemos señalado, ha habido muchas extinciones masivas a lo largo de la evolución. ¿Cómo se explican? ¿Realmente necesitamos recurrir a un fenómeno externo, como el impacto de un meteorito u otro cualquiera? ¿O simplemente la aparición y desaparición de especies tiene que ver con tendencias inherentes al propio proceso de la evolución? Incluso ahora podemos observar el ascenso y la caída de poblaciones animales. Sólo recientemente nos hemos acercado al conocimiento de las leyes que gobiernan este complejo proceso. Buscando explicaciones fuera del fenómeno mismo, corremos el riesgo de abandonar la búsqueda de una auténtica explicación. Es más, una solución que parece atractiva porque elimina todas las dificultades puede crear más de las que pretendía haber resuelto.

Se han planteado otras soluciones. El período en estudio se caracterizó por una actividad volcánica muy extendida. Esta podría haber sido la causa, y no un meteorito, del cambio climático al que los dinosaurios no pudieron adaptarse. También se ha planteado que su desaparición se pudo deber a la competencia de los mamíferos, como les pasó a los marsupiales sudamericanos por la presión de los mamíferos de América del Norte. Es posible que su desaparición sea el resultado de la combinación de todas estas circunstancias: actividad volcánica, destrucción del medio ambiente, excesiva especialización y competencia por unos recursos alimenticios escasos con especies mejor adaptadas para afrontar las nuevas condiciones. Lo principal es que *no es necesario* introducir factores externos para explicar este fenómeno:

"No tienes que buscar manchas solares, cataclismos climáticos o cualquier otra explicación misteriosa para la desaparición de los dinosaurios', dijo Lovejoy. 'Se las arreglaron bastante bien mientras tuvieron el mundo para ellos solos, mientras no hubo una mejor estrategia reproductora disponible. Sobrevivieron durante más de cien millones de años; los humanos también deberían durar lo

mismo. Pero cuando se produjo una ruptura de la adaptación, cuando los dinosaurios se enfrentaron a animales que se podían reproducir con *éxito* tres o cuatro veces más rápidamente que ellos, estuvieron acabados"[164].

EL TERRORISTA CÓSMICO, O CÓMO NO FORMULAR UNA HIPÓTESIS

El problema queda más claro si lo planteamos de la siguiente manera: muy bien, aceptemos que la extinción de los dinosaurios fue provocada por un *accidente* en forma de impacto repentino de un meteorito. ¿Cómo explicamos las demás extinciones masivas? ¿Fueron todas causadas por meteoritos? La cuestión tiene más importancia de lo que parece. Se ha intentado demostrar que todas las extinciones a gran escala fueron el resultado de tormentas periódicas de meteoritos del cinturón de asteroides. Esta es la base de la llamada *hipótesis Némesis*, desarrollada por Richard Muller, de la Universidad de California.

Algunos paleontólogos (Raup y Sepkoski) plantean que las extinciones masivas ocurren a intervalos regulares de aproximadamente 26 millones de años. Sin embargo, otros, basándose en las mismas pruebas, no han encontrado ninguna regularidad en el fenómeno. Hay un desacuerdo similar entre los geólogos sobre si la aparición de grandes cráteres es o no periódica. En resumen, no hay pruebas concluyentes ni para la idea de intervalos regulares de extinciones masivas ni para la de bombardeos regulares de la Tierra por parte de meteoritos o cometas.

Este campo tiende por sí mismo a las conclusiones más arbitrarias y sin sentido. Además, precisamente este tipo de teorías son las que acostumbran a recibir más publicidad, independientemente de su valor científico. La hipótesis Némesis es un caso típico. Si aceptamos, con Muller, que las extinciones masivas tienen lugar regularmente cada 26 millones de años (algo no demostrado) y que han sido causadas por tormentas de meteoritos, entonces llegamos a la conclusión de que la Tierra tiene que haber sido visitada por meteoritos cada 26 millones de años, ¡tan regulares como un reloj!

La dificultad que entraña esta idea es clara incluso para Muller, que escribe:

"Me pareció increíble que un asteroide chocase precisamente cada 26 millones de años. En la inmensidad del espacio, incluso la Tierra es un objetivo pequeño. Un asteroide que pase cerca del Sol apenas tiene una oportunidad entre mil millones de golpear nuestro planeta. Los impactos que ocurren deberían estar espaciados al azar, no regularmente condicionados en el tiempo. ¿Qué podría hacer que chocasen conforme a un plan regular? Quizás algún terrorista cósmico nos estaba apuntando con una pistola de asteroides. De teorías ridículas se obtienen resultados ridículos".

Y Muller precisamente elaboró una teoría ridícula para justificar su idea preconcebida de que *todas* las extinciones masivas fueron causadas por impactos

164. Citado en D. C. Johanson y M. A. Edey, *Lucy. The Beginning of Humankind*, p. 327.

de meteoritos, y que eso sucedía regularmente cada 26 millones de años. Él mismo describe una acalorada discusión con Luis Álvarez, el primero en teorizar que los dinosaurios se extinguieron por el choque de un asteroide contra la Tierra y escéptico acerca de las ideas de Muller. El siguiente extracto de su conversación nos puede dar una visión interesante de la metodología con la que nacen ciertas hipótesis:

"– 'Supongamos que algún día encontramos una manera de hacer que un asteroide choque con la Tierra cada 26 millones de años. ¿Admitirías entonces que estabas equivocado y que se deberían haber utilizado todos los datos?'

"– '¿Cuál es tu modelo?', me preguntó. Pensé que estaba evitando mi pregunta.

"– '¡No importa! Es la posibilidad de un modelo de ese tipo lo que hace que tu lógica sea incorrecta, no la existencia de ningún modelo concreto'.

"Había un cierto estremecimiento en la voz de Álvarez. También él parecía estar enfadándose. 'Mira, Rich', dijo, 'llevo en esto del análisis de datos mucho tiempo y mucha gente me considera bastante experto. No puedes simplemente adoptar un punto de vista sin más, ignorando algo que sabes'. ¡Estaba invocando su autoridad! A los científicos no les está permitido hacerlo. Mantén la calma Rich, me dije. No le demuestres que te estás enfadando.

"– 'El peso de la demostración te corresponde a ti', continué en un tono de voz artificialmente calmado. 'No tengo que presentarte un modelo. A no ser que puedas demostrar que modelos de este tipo no son posibles, tu lógica está equivocada'.

"– '¿Cómo puede ser que los asteroides choquen con la Tierra periódicamente? ¿Cuál es tu modelo?', me preguntó de nuevo. Mi frustración por poco me hace estallar. ¿Por qué Álvarez no podía entender lo que le estaba diciendo? Era mi héroe científico. ¿Cómo podía él ser tan estúpido?

"¡Maldición!, pensé. Si es necesario ganaré esta discusión en *sus* términos. Inventaré un modelo. Mi adrenalina estaba fluyendo. Después de pensarlo un momento, dije: 'Suponte que hay una estrella hermana que gira alrededor del Sol. Cada 26 millones de años se acerca a la Tierra y hace algo, no estoy seguro de qué, pero hace que los asteroides choquen con la Tierra. Quizás trae los asteroides consigo".

El carácter totalmente arbitrario del método utilizado para llegar a una hipótesis, sin la menor sombra de base en los hechos, es obvio. Si tratamos un asunto de esta manera, realmente estamos abandonando el reino de la ciencia y entrando en el de la ciencia-ficción, en el que todo vale. De hecho, el propio Muller es lo suficientemente honesto como para reconocer que "no pretendía que mi modelo fuese tomado en serio, aunque me parecía que mi argumento se sostendría en pie si el modelo podía resistir el asalto por lo menos unos pocos minutos"[165]. Pero vivimos en la edad de la credulidad. La hipótesis Némesis, que claramente no es

165. Citado en T. Ferris, *op. cit*., pp. 262-63, 265 y 266.

un modelo científico sino una conjetura arbitraria, está siendo tomada con la mayor seriedad por muchos astrónomos, que escudriñan el cielo buscando pistas de la existencia de esa invisible "estrella de la muerte", ese terrorista cósmico que, después de haber acabado con los dinosaurios, volverá algún día a la escena del crimen... ¡para acabar con todos nosotros!

Aquí el problema es metodológico. Cuando Napoleón preguntó a Laplace qué sitio le quedaba a Dios en su esquema del universo, éste le dio su famosa respuesta: *Sire, je na'ai pas besoin de cette hypothèse* (Señor, no tengo ninguna necesidad de esa hipótesis). El materialismo dialéctico se propone descubrir las leyes inherentes del movimiento de la naturaleza. Aunque el accidente juega un papel en todos los procesos naturales y no se puede descartar, en principio, que la extinción de los dinosaurios fuese causada por un asteroide extraviado, es totalmente contraproducente buscar la causa de las extinciones masivas en fenómenos externos sin ninguna relación con los procesos en estudio. Hay que buscar y encontrar las leyes que gobiernan la evolución de las especies en el proceso mismo de la evolución, que incluye largos períodos de cambio lento pero también otros de enorme aceleración, dando lugar a exterminaciones masivas de algunas especies y al surgimiento de otras nuevas.

La falta de capacidad para tomar el proceso en su conjunto, de comprender su carácter contradictorio, complejo y no lineal —es decir, la falta de un punto de vista dialéctico— lleva a estos intentos arbitrarios de resolver el problema recurriendo a factores extraños, como un *deus ex machina*, el conejo que sale del sombrero del prestidigitador. Por este camino sólo se llega a un callejón sin salida, y de los que menos salida tienen. Además, la extraordinaria propensión a aceptar los escenarios más fantásticos —que casi todos incluyen la idea de una catástrofe cósmica inevitable que significa, por lo menos, el fin del mundo—nos dice bastante sobre el estado psicológico general de la sociedad en la última década del siglo XX.

EL NACIMIENTO REVOLUCIONARIO DEL HOMBRE

El Cenozoico empieza con las extinciones masivas de hace 65 millones de años y se prolonga hasta el presente. Durante esta era, los continentes continuaron a la deriva, separándose y chocando, lo que creó nuevas condiciones medioambientales. En los primeros 20 millones de años las temperaturas continuaron subiendo y apareció una zona tropical, con condiciones en la Península Ibérica parecidas a las de la selva malaya. El desarrollo evolutivo más importante de esta era fue el auge extremadamente rápido de los mamíferos, que ocuparon los ecosistemas que habían dejado libres los reptiles. Hace 40 millones de años habían aparecido ya los primates, elefantes, cerdos, roedores, caballos, vacas marinas, ballenas y murciélagos, así como la mayor parte de los órdenes actuales de pájaros y muchas familias de plantas.

El ascenso de los mamíferos puede ser visto como una especie de marcha triunfal en la que la evolución progresa siempre hacia adelante, en línea recta, culminando en la aparición del género humano, la coronación gloriosa de la creación. Pero la verdad es bastante diferente. La evolución nunca fue rectilínea. También en este período las épocas de intenso crecimiento fueron interrumpidas por retrocesos dramáticos, muertes y extinciones. Hace unos 30 millones de años se inició un proceso de enfriamiento. La temperatura cayó continuamente durante los 25 millones de años siguientes, estabilizándose en el nivel actual hace sólo cinco millones. Este período fue testigo de la primera extinción que afectó a los mamíferos.

Los primates, antecesores de monos y hombres, se extendieron por todo el mundo. La extinción de los dinosaurios repercutió en muchas de esas familias. Las nuevas condiciones medioambientales llevaron al desarrollo de nuevas especies mejor adaptadas a ellas. Merece la pena comentar que estas nuevas condiciones afectaron principalmente a África y Eurasia, pero no a América. Por entonces la Antártida ya había llegado al Polo Sur y empezaba a cubrirse de hielo. Los siguientes 10-20 millones de años fueron el período más explosivo de crecimiento de los mamíferos, en el que aparecieron muchas especies de simios. Sin embargo, el diseño básico de los simios no cambió durante todo el período, hasta que un nuevo cambio climático brusco provocó una nueva transformación. Entre los paleontólogos hay considerables desacuerdos sobre cuándo y cómo los homínidos (primates prehumanos) se separaron de los simios. Hay indicios en restos óseos de que ya hace 14 millones de años existía una especie parecida a los simios modernos. Los científicos creen que estos huesos pertenecieron a una especie que vivió tanto en África como en Eurasia hace 7-14 millones de años. Parece que tuvo bastante éxito y representa el antepasado común de hombres, monos y gorilas. Entonces, hace 7-10 millones de años, hubo un nuevo y dramático cambio medioambiental.

La Antártida ya estaba cubierta por glaciares. El casquete polar empezó a extenderse tanto en el Sur como en el Norte, cubriendo Alaska, América del Norte y el Norte de Europa. A medida que se iba formando más hielo, el nivel de los mares descendía. Se calcula que el nivel del mar descendió más de 150 metros, de resultas de lo cual aparecieron nuevas masas de tierra, uniendo los continentes; se formaron pasadizos terrestres que unían Europa y África, Asia y América, las islas británicas y Europa, posibilitando de esta manera la migración de las especies. El mar Mediterráneo se evaporó completamente. El clima alrededor del Ecuador se volvió más seco, provocando una extensa desertización, junto con el declive de selvas y bosques y el surgimiento de vastas extensiones de sabana y tierras abiertas. En ese tiempo, Asia estaba separada de África por desiertos, separando a los simios africanos de sus primos asiáticos. Inevitablemente fue otro período de extinción y muerte, pero también de nacimiento de nuevas especies. Llegados a cierto punto, posiblemente alrededor de hace 7 millones de años, el desarrollo de los mamíferos tuvo como consecuencia la aparición de los primeros homínidos.

Actualmente se acepta que el género humano tiene origen africano. Hace unos 5'3 millones de años, el Mediterráneo adquirió su forma actual y en África se desarrolló una nueva especie de simio, que en el transcurso de un millón de años evolucionó en tres direcciones diferentes, dando lugar a monos, homínidos y gorilas. La separación de las tres ramas tuvo lugar a resultas de la presión medioambiental en África oriental. La extensión de los glaciares a África del Sur provocó un severo empobrecimiento de los bosques del Oriente africano, a causa de la disminución de la pluviosidad y de un clima más seco, lo que provocó una aguda competencia por unos recursos alimenticios escasos. Ésta fue probablemente la fuerza motriz que llevó a la separación de las tres especies de protosimios. Hasta entonces habían vivido en los árboles, ahora tenían tres opciones:

1) Parte se quedaron en ellos. Tuvieron que ser los más fuertes y más capaces de obtener comida de los limitados recursos. Sin embargo, la disminución del hábitat boscoso debió reducir drásticamente su número.
2) Otro grupo, obligado a trasladarse a las lindes de los bosques, donde hay menos árboles y menos recursos alimenticios, se vio forzado a incrementar la variedad de su alimentación trasladándose al suelo, aunque quedándose cerca de los árboles para protegerse. Este grupo está representado por los modernos chimpancés.
3) Un tercer grupo, probablemente los más débiles y menos hábiles, se vio obligado a trasladarse totalmente fuera del bosque. Por lo tanto se vieron forzados no sólo a bajar al suelo, sino también a cubrir grandes distancias para encontrar la comida necesaria para su supervivencia. Fueron obligados a desarrollar una forma de vida nueva, radicalmente diferente de la de los demás primates.

Presiones medioambientales en Asia causadas por cambios climáticos también empujaron a algunos grupos de monos a los límites de los bosques. Estos se convirtieron en los modernos babuinos, que descienden al suelo en busca de comida pero vuelven a los árboles para protegerse. Los primates tienen diferentes modos de locomoción: el lémur salta y se agarra, el gibón se columpia de rama en rama, el orangután tiene "cuatro manos", el gorila camina sobre los nudillos, el mono es un cuadrúpedo auténtico; sólo los homínidos se han aventurado a ser completamente bípedos.

"Otras especializaciones han acompañado a la utilización de las manos. Si uno va a saltar y agarrarse, le conviene calcular adecuadamente la distancia. Si no lo hace se puede encontrar, en el mejor de los casos, con las manos vacías; y en el peor, puede no coger la rama en absoluto y caer. La manera de juzgar con precisión la distancia es a través de la visión binocular: enfocar los dos ojos en un objeto para tener una percepción más profunda. Esto requiere que los ojos estén situados en la parte frontal del cráneo y enfocados hacia adelante, no a los lados de la

cabeza, como los ojos de una ardilla. Los antepasados de los primates desarrollaron semejante visión. Sus cráneos se redondearon para acomodarse a la nueva posición de los ojos, y con este cambio de forma se produjo un aumento de la capacidad craneal y la posibilidad de tener un cerebro mayor. Al mismo tiempo, la mandíbula se hizo más pequeña. Teniendo manos, un animal no tiene que buscar su comida y cazar con los dientes. Se puede permitir una mandíbula más pequeña y menos dientes. Los simios y los monos modernos —y los humanos— tienen dieciséis dientes en cada mandíbula. Sus antecesores tenían tantos como veintidós"[166].

El psicólogo Jerome Bruner, en sus escritos sobre el desarrollo mental del niño, ha subrayado que el comportamiento habilidoso tiene mucho en común con la producción de lenguaje, por una parte, y con la solución de problemas, por otra. Las habilidades más simples casi siempre implican la utilización de la mano o las manos guiadas por la vista. Sobre el desarrollo de la mano humana, Bruner escribe lo siguiente:

"Las manos humanas son un sistema de crecimiento lento, y pasan muchos años antes de que los humanos puedan exhibir el tipo de inteligencia manual que ha distinguido a nuestra especie de otras —la utilización y producción de herramientas—. De hecho, históricamente, incluso los estudiantes de evolución de primates consideraban que las manos no tenían ninguna importancia especial. Wood Jones nos quería convencer de que había poca diferencia morfológica entre la mano del mono y la del hombre, y que la diferencia estaba en la función que les daba el sistema nervioso central. Sin embargo, como Clark y Napier han planteado, es la dirección evolutiva del cambio morfológico de la mano, de las musarañas arborícolas a los monos del nuevo mundo y de los monos del viejo mundo hasta el hombre, lo que debería revelar cómo ha cambiado la función de la mano y, con ella, el carácter de la realización de la inteligencia humana.

"Ese cambio en la dirección de una forma muy especial de desespecialización ha sido constante. La mano está libre de la función locomotora, de su función braquial, y de ese tipo de requerimientos especiales a los que se respondía con garras y formas exóticas de almohadillas en la palma de los dedos. Convertirse en más desespecializado en la función significa tener más variedad de funciones que se pueden cumplir. Sin perder su capacidad de separar las falanges, necesaria para el transporte de cosas pesadas, de juntarlas para ahuecar la mano y poder coger comida, la habilidad prensil para agarrar y trepar o la oposición —todo ello parte de la herencia del primate primitivo—, la mano en el desarrollo tardío del primate consigue una serie de nuevas capacidades funcionales a la vez que sufre el cambio morfológico adecuado. Se añade una capacidad combinada para asir con fuerza y precisión.

"La flexibilidad de la palma y el pulgar se incrementa a través de cambios en los huesos trapecio y ganchoso de su articulación. El pulgar se alarga y su ángulo de descanso respecto a la mano aumenta. Las falanges terminales se amplían y

166. D. C. Johanson y M. A. Edey, *op. cit*., p. 320.

refuerzan, especialmente el pulgar. Napier puede estar exagerando cuando dice que 'la evidencia actual sugiere que los instrumentos de piedra del hombre primitivo eran tan buenos (o tan malos) como la mano que los fabricó'. Porque, seguramente, las manos inicialmente estúpidas se hicieron más inteligentes cuando se las utilizó en un programa inteligente diseñado por la cultura"[167].

Los primeros fósiles de homínidos se encontraron en África oriental y pertenecen a la especie conocida como *Australopithecus afarensis*, que vivió hace 3'3-3'5 millones de años. Estas criaturas eran capaces de caminar erguidas, tenían manos con pulgares completamente opuestos a los dedos y, por lo tanto, eran capaces de manipular herramientas. Su capacidad craneal (450 cc) era mayor que la de otros simios. Aunque no se han encontrado herramientas ligadas a estos primeros homínidos, sí aparecen cuando llegamos a la primera especie humana claramente identificable, a la que se dio el apropiado nombre de *Homo habilis* ("hombre hábil"), que caminaba erguido, medía 1'20 metros y poseía una capacidad craneal de 800 cc.

¿En qué punto tuvo lugar la auténtica separación entre homínido y simios? Los paleontólogos han discutido largo y tendido sobre esta cuestión. La respuesta la dio Engels en su brillante ensayo *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, pero ya había sido anticipada por Marx y él mismo mucho antes, en su trabajo pionero *La ideología alemana*, escrito en 1845:

"Podemos distinguir los hombres de los animales por la conciencia, por la religión o por lo que se quiera. Pero los hombres mismos comienzan a ver la diferencia entre ellos y los animales tan pronto comienzan *a producir* sus medios de vida, paso éste que se halla condicionado por su organización corpórea. Al producir sus medios de vida, el hombre produce indirectamente su propia vida material"[168].

EL PAPEL DE LA FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS

En un intento muy superficial de desacreditar el punto de vista materialista sobre el origen de la especie humana, se dice a menudo que los humanos no son los únicos animales que "utilizan herramientas". Este argumento no se sostiene. Aunque se puede decir que muchos animales (no sólo monos y chimpancés, también algunos pájaros e insectos) utilizan "herramientas" para ciertas actividades, esto se limita a materiales naturales que se puedan encontrar, como palos, piedras, etc. Además, su uso, o bien representa una actividad accidental, como cuando un mono tira un palo para hacer caer la fruta de un árbol, o son acciones limitadas que pueden llegar a ser muy complejas pero que son resultado del condicionamiento genético y el instinto. Estas acciones son siempre las mismas. No se plantea ningún tipo de planificación inteligente, creatividad o previsión, excepto en un

167. J. S. Bruner, *Beyond the Information Given*, pp. 246-47.
168. Marx y Engels, *La ideología alemana*, en *Obras Escogidas*, vol. I, p. 16.

grado muy limitado en las especies de mamíferos superiores, pero incluso los simios más avanzados no tienen nada que se parezca a la actividad productiva de los homínidos, incluso los más primitivos.

El punto esencial no es que los humanos "utilicen herramientas", sino que son los únicos animales que las fabrican, y no como una actividad accidental o aislada, sino como condición esencial de su existencia, de la que depende todo los demás. Así, aunque desde un punto de vista genético humanos y chimpancés son prácticamente idénticos y el comportamiento de éstos en algunos aspectos parece destacadamente "humano", el chimpancé más inteligente no es capaz de construir ni la herramienta de piedra más rudimentaria del *Homo erectus*, una criatura en la frontera evolutiva de la humanidad.

En su libro *El origen del género humano*, Richard Leakey dice lo siguiente:

"Los chimpancés son usuarios adictos de herramientas, y utilizan palos para conseguir termitas, hojas como esponjas y piedras para romper nueces. Pero, hasta ahora y a ningún nivel, no se ha visto a ningún chimpancé salvaje fabricar una herramienta de piedra. Los humanos empezaron a fabricar instrumentos puntiagudos hace 2'5 millones de años golpeando una piedra contra otra, empezando la senda de la actividad tecnológica, que es lo más destacado de la prehistoria humana"[169].

Comparemos estas líneas con lo que escribió Engels en 1876:

"Muchos monos usan las manos para construirse nidos en los árboles, o inclusive para levantar techos entre las ramas, con el fin de protegerse contra el clima, como lo hace, por ejemplo, el chimpancé. Con las manos toman garrotes para defenderse contra enemigos, y con las manos los bombardean con frutos y piedras. En cautiverio, las usan para muchas operaciones sencillas, copiadas de los seres humanos. Aquí se advierte el gran abismo que existe entre la mano no desarrollada, aun de los monos más parecidos al hombre, y la mano humana, que cientos de miles de años de trabajo llevaron a una altísima perfección. La cantidad y disposición general de los huesos y músculos son las mismas en ambas manos, pero las del salvaje más primitivo pueden ejecutar cientos de operaciones que ninguna mano de simio conseguiría imitar; mano alguna de mono ha modelado nunca el más tosco cuchillo de piedra"[170].

Nicholas Toth ha dedicado muchos años a intentar reconstruir los métodos con los que los primeros humanos fabricaban herramientas y ha llegado a la conclusión de que incluso la más básica laminación de una piedra no sólo requiere un considerable cuidado y destreza manual, sino también un grado de planificación y previsión.

"Para trabajar eficientemente, el picapedrero tiene que escoger una roca de la forma adecuada, sosteniéndola en el ángulo adecuado para golpearla; y el propio golpe requiere gran práctica, para aplicar la cantidad correcta de fuerza en el lugar

169. R. Leakey, *The Origin of Humankind*, p. 36.
170. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 139.

adecuado. 'Parece claro que los primeros protohumanos que fabricaron herramientas tuvieron una buena intuición de los fundamentos del trabajo de la piedra', escribió Toth en un artículo en 1985. 'No hay duda de que los primeros fabricantes de herramientas poseían una capacidad mental superior a la de los simios', me dijo hace poco. 'La fabricación de herramientas requiere la coordinación de habilidades cognoscitivas y motoras significativas"[171].

Existe una estrecha correlación entre la mano, el cerebro y todos los demás órganos del cuerpo. La parte del cerebro relacionada con las manos es mucho más grande que la relacionada con cualquier otra parte del cuerpo. Darwin ya sospechó que el desarrollo de ciertas partes del organismo está vinculado al de otras con las cuales aparentemente no está relacionado. Denominó a este fenómeno la ley de la correlación del crecimiento. El desarrollo de la destreza manual a través del trabajo proporciona el estímulo para un rápido desarrollo del cerebro.

El desarrollo del género humano no es ningún accidente, sino el resultado de una necesidad. La postura erguida de los homínidos era necesaria para permitirles moverse libremente en la sabana en busca de comida. La cabeza tenía que estar en la parte más alta del cuerpo para poder detectar la presencia de depredadores, como podemos ver en algunos otros animales moradores de la sabana, como la mangosta africana. La limitación de los recursos alimenticios creó la necesidad de almacenar y transportar comida, lo que constituyó la fuerza motriz del desarrollo de la mano.

Los simios no están hechos para caminar sobre dos piernas, y por lo tanto lo hacen de forma bastante patosa. La anatomía de incluso los primeros homínidos revela una estructura ósea claramente adaptada para caminar erguidos. La postura erguida tiene serias desventajas en muchos sentidos. Es imposible correr tan rápido sobre dos piernas como sobre cuatro. En muchos sentidos, la bipedación es una postura antinatural, lo que explica los dolores de espalda que han atormentado al animal humano desde la cueva hasta nuestros días. La gran ventaja de la bipedación es que liberó las manos para el trabajo, fue el gran salto adelante de la humanidad. El trabajo, junto con la naturaleza, es la fuente de toda riqueza. Pero, tal y como señaló Engels, es mucho más:

"Es la fundamental y primera condición de toda la existencia humana, y ello en tal medida que, en cierto sentido, debemos decir que el trabajo creó al hombre".

El desarrollo de la mano a través del trabajo está estrechamente ligado al desarrollo del cuerpo en su conjunto.

"Así pues, la mano no es sólo el órgano del trabajo, *sino también el producto del trabajo*. El trabajo, adaptación a operaciones siempre renovadas, herencia de músculos, ligamentos y, a lo largo de prolongados períodos, huesos que pasaron por un desarrollo especial y el siempre renovado empleo de ese refinamiento heredado en operaciones nuevas, cada vez más complicadas, otorgaron

171. R. Leakey, *op. cit*. p. 38.

a la mano humana el alto grado de perfección necesario para crear los cuadros de un Rafael, las estatuas de un Thorwaldsen, la música de un Paganini.

"Pero la mano no existía sola, era apenas otro miembro de un organismo integral, muy complejo. Y lo que benefició a la mano, benefició también a todo el cuerpo al cual servía, y ello de dos maneras"[172].

Lo mismo se aplica al lenguaje. Aunque los simios son capaces de producir una amplia gama de sonidos y gestos que pueden ser vistos como una especie de "lenguaje" embrionario, todos los intentos de enseñarles a hablar han acabado en fracaso. El lenguaje, como explica Engels, es el producto de la producción colectiva, y sólo puede surgir en especies cuya actividad vital dependa exclusivamente de la cooperación para producir herramientas, un proceso complejo que tiene que aprenderse conscientemente y ser transmitido de generación en generación. Sobre este tema, Noam Chomsky subraya:

"Cualquiera que se preocupe del estudio de la naturaleza humana y las capacidades humanas tiene que asimilar que todos los humanos normales adquieren el lenguaje, mientras que la adquisición incluso de sus rudimentos más básicos está bastante más allá de las capacidades del simio más inteligente".

Recientemente, tratar de demostrar que el lenguaje no es peculiar de los humanos se ha convertido en una costumbre. Aunque sin duda existen sistemas de comunicación animal, es totalmente incorrecto describirlos como lenguaje. El habla humana surge de la sociedad y la actividad productiva cooperativa humanas y es cualitativamente diferente de cualquier sistema de comunicación del mundo animal, incluso el más complejo.

"El lenguaje humano parece ser un fenómeno único, sin una analogía significativa en el mundo animal. Si es así, no tiene mucho sentido plantear el problema de explicar la evolución del lenguaje humano a partir de sistemas más primitivos de comunicación que aparecen a niveles más bajos de capacidad intelectual (...) Por lo que sabemos, la posesión del lenguaje humano está asociada a un tipo especial de organización mental, no simplemente un nivel superior de inteligencia. Parece que el punto de vista de que el lenguaje humano es simplemente una instancia más compleja de algo que se puede encontrar en otras partes del mundo animal no se sostiene. Esto plantea un nuevo problema para el biólogo, en la medida en que, si es cierto, es un ejemplo de auténtica 'emergencia' (la aparición de un fenómeno cualitativamente diferente en un estadio específico de complejidad de organización)"[173].

El rápido crecimiento del tamaño del cerebro planteó problemas adicionales, especialmente relacionados con el parto. Mientras que un simio recién nacido tiene una capacidad cerebral algo superior a la mitad de la de un adulto de su especie, la del bebé humano es sólo la cuarta parte. La forma de la pelvis humana, adaptada para caminar en posición erguida, limita el tamaño de la abertura

172. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 138 y 139.
173. N. Chomsky, *Language and Mind*, pp. 66-67 y 70.

pélvica. Por tanto, como resultado de su cerebro grande y las restricciones impuestas por la ingeniería biológica de la bipedación, todos los bebés humanos nacen "prematuramente".

El desamparo total del recién nacido humano en comparación con cualquier otra especie de mamíferos superiores es evidente. Barry Bogin, biólogo de la Universidad de Michigan, ha sugerido que la lenta tasa de crecimiento de las crías humanas, comparada con los simios, está relacionada con el largo período necesario para absorber las complejas reglas y técnicas de la sociedad humana. Incluso la diferencia en el tamaño corporal entre niños y adultos ayuda a establecer la relación maestro-alumno, en la que el joven aprende del viejo, mientras que entre los simios el rápido crecimiento lleva rápidamente a la rivalidad física.

Cuando se completa el largo proceso de aprendizaje, el cuerpo alcanza rápidamente el tamaño adulto con un salto repentino del crecimiento durante la adolescencia.

"Los humanos se convierten en humanos a través de un intenso aprendizaje no sólo de habilidades de supervivencia, sino también de costumbres sociales, parentesco y leyes sociales, es decir, cultura. El entorno social en que son cuidados los bebés indefensos y educados los niños mayores es mucho más característico de los humanos que de los simios"[174].

ORGANIZACIÓN SOCIAL

La vida en la sabana, con gran cantidad de depredadores, era un asunto bastante peligroso. Los humanos no son animales fuertes, y los primeros homínidos eran mucho más pequeños que los humanos actuales. No tenían garras fuertes ni dientes poderosos, ni tampoco podían correr más rápido que los leones u otros depredadores cuadrúpedos. La única manera de sobrevivir era desarrollando una comunidad cooperativa y muy organizada, para la explotación colectiva de los escasos recursos alimenticios. Pero sin duda el paso decisivo fue la fabricación de herramientas, empezando con raspadores de piedra, utilizadas para diferentes propósitos. A pesar de su engañosa apariencia simple, estas herramientas ya eran muy sofisticadas y versátiles, y su producción implicaba un grado importante de planificación, organización y, por lo menos, elementos de una división del trabajo. Aquí tenemos los auténticos inicios de la sociedad humana. En palabras de Engels:

"Ya se señaló que nuestros antecesores simiescos eran gregarios; resulta evidente que es imposible buscar la derivación del hombre, el más social de todos los animales, de sus antecesores inmediatos no gregarios. El dominio sobre la naturaleza comenzó con el desarrollo de la mano, con el trabajo, y amplió el horizonte del hombre con cada nuevo paso adelante. A cada instante descubría propiedades

174. R. Leakey, *op. cit*., p. 45.

nuevas, hasta entonces desconocidas, en los objetos naturales. Por otro lado, el desarrollo del trabajo ayudó por fuerza a unir a los miembros de la sociedad entre sí, al incrementar los casos de ayuda mutua y de actividad conjunta, y al poner en claro la ventaja de esta actividad conjunta para cada individuo. En una palabra, los hombres en formación llegaron al punto en que *tenían algo que decirse*. La necesidad creó el órgano; la laringe no desarrollada del mono se trasformó con lentitud pero con seguridad, gracias a la modulación, para producir otras modulaciones cada vez más desarrolladas, y los órganos de la boca aprendieron poco a poco a pronunciar un sonido articulado tras otro"[175].

La producción de herramientas, el inicio de la división del trabajo, en un principio entre hombres y mujeres, el desarrollo del lenguaje y una sociedad basada en la cooperación fueron los elementos que marcaron el auténtico surgimiento del género humano. No fue un proceso lento y gradual, sino que representa un salto revolucionario, uno de los puntos de inflexión más decisivos de la evolución. En palabras del paleontólogo Lewis Binford: "Nuestra especie había aparecido no como resultado de un proceso gradual y progresivo, sino explosivamente en un período de tiempo relativamente corto"[176].

Engels explicó la relación entre el trabajo y todos los demás factores:

"Primero el trabajo, y con él el lenguaje: estos fueron los dos estímulos más esenciales bajo cuya influencia el cerebro del mono se convirtió poco a poco en el del hombre, que a pesar de toda su similitud es mucho mayor y más perfecto. Junto con el desarrollo del cerebro se produjo el de sus instrumentos más inmediatos: los sentidos. Así como el desarrollo gradual del habla va acompañado inevitablemente por el correspondiente refinamiento del órgano auditivo, así el desarrollo del cerebro en su conjunto es acompañado por un refinamiento de todos los sentidos. El águila ve más lejos que el hombre, pero el ojo humano discierne en las cosas mucho más de lo que lo hace el ojo del águila. El perro tiene un sentido del olfato más fino que el hombre, pero no distingue ni la centésima parte de los olores que para los hombres son signos definidos que denotan cosas distintas. Y el sentido del tacto, que el mono casi no posee en su tosca forma inicial, se desarrolló sólo junto con la evolución de la propia mano humana, por medio del trabajo".

Los primeros homínidos tenían una dieta mayoritariamente vegetariana, aunque la utilización de las herramientas más primitivas, como palos para excavar, les daba acceso a comida a la que no podían llegar otros simios. Esta dieta era complementada por pequeñas cantidades de carne, conseguida principalmente de animales muertos. El auténtico paso adelante se produjo cuando la producción de herramientas y armas permitió a los humanos recurrir a la caza como principal fuente de alimento. Indudablemente, el consumo de carne provocó otro rápido aumento de la capacidad cerebral:

175. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 140.
176. Citado en R. Leakey, *op. cit*., p. 67.

"Una *dieta de carne*", escribe Engels, "contenía, en estado casi acabado, los ingredientes más esenciales que necesitaba el organismo para su metabolismo. Al abreviar el tiempo necesario para la digestión, también abrevió los otros procesos corporales vegetativos que corresponden a los de la vida vegetal, con lo cual ganó más tiempo, material y deseo para la manifestación activa de la vida animal propiamente dicha. Y cuanto más se alejaba el hombre en formación del reino vegetal, más se elevaba por encima del animal. Así, al acostumbrarse a una dieta vegetal junto con la carne, los gatos y perros salvajes se convierten en los servidores del hombre, así también la adaptación a una dieta de carne, junto con una vegetal, contribuyó en gran medida a proporcionar al hombre en formación su fuerza e independencia corporales. Pero la dieta de carne produjo su máximo efecto sobre el cerebro, que entonces recibió una mayor aportación de los materiales necesarios para su alimento y desarrollo, y que por lo tanto pudo desarrollarse con más rapidez y perfección, de generación en generación"[177].

Richard Leakey plantea exactamente lo mismo, vinculándolo a un cambio fundamental en la organización social. En la mayoría de los demás primates hay una feroz competencia entre los machos para aparearse con las hembras. Esto tiene su reflejo en diferencias considerables en el tamaño corporal entre machos y hembras, por ejemplo en los babuinos de la sabana. También se puede observar esa diferencia en los primeros homínidos, como el *Australopithecus afarensis*. Esto sugiere una estructura social más cercana a la de los simios que a la humana. En otras palabras, adaptaciones físicas como la bipedación, aunque indudablemente era un requisito vital para la evolución humana, todavía no nos permiten, contrariamente a lo que sugiere Richard Leakey, caracterizar a estos primeros homínidos como humanos.

Al alcanzar la madurez, los machos de los babuinos de la sabana (que son el doble de grandes que las hembras) dejan el grupo en que nacieron y se unen a otro, en el que inmediatamente entran en competencia con los machos dominantes por el acceso a las hembras. Por lo tanto, en términos darwinianos, estos machos no tienen ningún motivo (genético) para colaborar entre ellos. Entre los chimpancés, por razones todavía desconocidas, los machos permanecen en el grupo materno y las hembras emigran. Por lo tanto, al estar emparentados genéticamente, los chimpancés machos tienen un motivo darwiniano para colaborar, y lo hacen tanto para defender su grupo contra extraños como a veces para cazar un mono que complemente su dieta. La diferencia de tamaño corporal entre machos y hembras es sólo del 15-20%, lo que refleja el carácter principalmente cooperativo de la sociedad de los chimpancés.

Mientras que la diferencia de tamaño entre machos y hembras de *Australopithecus afarensis* era tan grande que al principio se creyó que eran dos especies totalmente diferentes, la situación cambia radicalmente cuando llegamos a los primeros miembros de la especie humana, entre los que los machos no supera-

177. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 141 y 142-43.

ban en más del 20% el tamaño de las hembras, como en los chimpancés, nuestros parientes genéticos más cercanos. Sobre esto Leakey insiste:

"Como han planteado los antropólogos de Cambridge, Robert Foley y Phillys Lee, este cambio en el diferencial del tamaño corporal en el momento del origen del género *Homo* representa seguramente también un cambio en la organización social. Muy probablemente los primeros machos *Homo* permanecieron dentro de su grupo natal con sus hermanos y medio hermanos, mientras que las hembras se transferían a otros grupos. El parentesco, como he planteado, realza la cooperación entre machos.

"No podemos estar seguros de qué provocó este cambio en la organización social: la cooperación reforzada entre machos debió haber sido muy beneficiosa por algún motivo. Algunos antropólogos han argumentado que la defensa contra grupos vecinos de *Homo* se hizo muy importante. De manera parecida, y quizás incluso más probable, se trata de un cambio basado en necesidades económicas. Diferentes líneas de evidencia apuntan hacia un cambio en la dieta del *Homo*, en que la carne se convirtió en una fuente importante de proteínas y energía. El cambio en la estructura dental del *Homo* primitivo indica que comía carne, así como la elaboración de una tecnología de herramientas de piedra. Es más, el aumento del tamaño del cerebro, que es parte del paquete *Homo*, puede incluso haber *exigido* que la especie complementase su dieta con una fuente rica en energía"[178].

Es bien conocido que el cerebro es un órgano metabólicamente caro, que en los humanos actuales absorbe el 20% de la energía consumida a pesar de que sólo representa el 2% del peso corporal. El antropólogo australiano Robert Martin ha explicado que el incremento de la capacidad cerebral en el primitivo *Homo* se tuvo que deber al aumento del suministro de energía, que sólo podía provenir de la carne, con su concentración de calorías, proteínas y grasa. En un principio la conseguirían de animales muertos y de alguna actividad cazadora (que como sabemos se da incluso entre los chimpancés). Pero es indudable que la caza jugó un papel cada vez más importante, proporcionando una dieta más variada y nutritiva, con consecuencias evolutivas de largo alcance.

HIPÓTESIS SOBRE EL DESARROLLO HUMANO

En los últimos años ha habido una feroz polémica sobre el papel de la caza en la sociedad primitiva. Hay una tendencia a infravalorarla, insistiendo más en la recogida de alimentos, incluida la carroña. Aunque esta cuestión no está resuelta definitivamente, es difícil no compartir el punto de vista de Leakey de que el argumento en contra del modelo de cazadores-recolectores ha llegado demasiado lejos. También es interesante señalar la manera en que estas controversias tienden

178. R. Leakey, *op. cit*., p. 54.

a reflejar ciertos prejuicios o presiones sociales y manías que no tienen absolutamente nada que ver con el tema en discusión.

En los primeros años del siglo XX predominaba el enfoque idealista. El género humano se había convertido en humano gracias al cerebro, con sus pensamientos superiores, que propulsó todo el desarrollo. Más tarde, el punto de vista de "hombre productor de herramientas" resurgió, aunque en una versión un tanto idealizada en la que las herramientas, pero no las armas, eran la fuerza motriz de la evolución. Los terribles acontecimientos de la Segunda Guerra Mundial provocaron una reacción contra esto en forma de teoría del "hombre como simio asesino", planteada, como Leakey observa agudamente, "posiblemente porque parecía explicar (o incluso excusar) los horribles acontecimientos de la guerra".

En la década de 1960 hubo un gran interés por los *kung san* (los mal llamados bosquimanos del desierto del Kalahari), que vivían en aparente armonía con su entorno natural, explotándolo de forma compleja. Esto encajó bien con el creciente interés por el medio ambiente en la sociedad occidental. Sin embargo, en 1966 volvió a resurgir con fuerza la idea del "hombre cazador" en una importante conferencia antropológica en Chicago, lo que sentó muy mal a los defensores de la "liberación de la mujer" en la década de 1970. Puesto que la caza es vista habitualmente como una actividad masculina, se sacó la conclusión, bastante injustificadamente, de que aceptarla implicaba de alguna manera degradar el papel de la mujer en la sociedad primitiva. El poderoso grupo de presión feminista planteó la hipótesis de la "mujer recolectora", en la que se planteaba que la recogida de alimentos, principalmente plantas, que se podía compartir, era la base sobre la cual evolucionó una sociedad humana compleja.

No se puede negar el papel central de la mujer en la sociedad primitiva, explicado por Engels en su conocido libro *El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado*. Sin embargo, es un serio error interpretar el pasado con concepciones —o peor, prejuicios— derivados de la sociedad actual. La causa de la emancipación de la mujer no dará un solo paso adelante intentando que la realidad de la historia encaje en un modelo que se basa en ciertas modas actuales pero que está vacío de contenido. No vamos a mejorar el futuro de la humanidad pintando el pasado de color de rosa. Ni tampoco vamos a convencer a la gente de que se haga vegetariana negando el papel central del consumo de carne, de la caza y, sí, incluso del canibalismo, en el desarrollo del cerebro humano.

"Con todo el debido respeto a los vegetarianos, el hombre no pudo surgir sin una dieta de carne, y si esta última, entre los pueblos que conocemos, llevó en una u otra ocasión al canibalismo (los predecesores de los berlineses, los veletavos o vilzes, solían devorar a sus padres todavía en el siglo X), ello carece de importancia para nosotros en la actualidad"[179].

179. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 143.

De igual manera, en las primeras sociedades humanas existía una división social del trabajo entre hombres y mujeres. El error es confundir la división del trabajo en la sociedad primitiva, en la que no existía ni la propiedad privada ni la familia tal como la conocemos hoy en día, con la desigualdad y la opresión de la mujer en la moderna sociedad de clases. El hecho es que en la mayoría de las sociedades de cazadores-recolectores conocidas por los antropólogos existe una clara división del trabajo, en la que los hombres cazan y las mujeres recolectan plantas.

"El asentamiento es un lugar de intensa interacción social y un sitio en el que se comparte la comida", comenta Leakey, "cuando hay carne, este reparto implica a menudo un ritual elaborado que se rige por reglas sociales estrictas".

Hay una buena razón para suponer que se daba una situación similar en la sociedad humana primitiva. En lugar de la caricatura del darwinismo social que intenta extrapolar las leyes de la selva capitalista para cubrir toda la historia y prehistoria humanas, todas las pruebas a nuestra disposición indican que la base de las primeras sociedades humanas era la cooperación, la actividad colectiva y el reparto. Glynn Isaac, de la Universidad de Harvard, dio un paso significativo en el pensamiento antropológico en un importante artículo publicado en 1978 en *Scientific American*. Su hipótesis de la comida compartida pone el acento en el impacto social de la recolección y reparto de alimentos. En 1982, en un discurso por el centenario de la muerte de Darwin, afirmó que "la adopción del reparto de la comida habría favorecido el desarrollo del lenguaje, la reciprocidad social y el intelecto". En *La formación del género humano*, Richard Leakey escribe: "La hipótesis del reparto de la comida es una firme candidata a explicar qué puso a los primeros hombres en el camino del hombre moderno".

Los últimos dos millones de años se han caracterizado por un ciclo climático único. Largos períodos de intenso enfriamiento y avances de los glaciares han sido interrumpidos por cortos períodos de aumento de las temperaturas y retroceso glaciar. Las eras glaciales tienen una duración aproximada de 100.000 años, mientras que los períodos interglaciares duran unos 10.000. En estas condiciones extremas, los mamíferos se vieron obligados a desarrollar formas más avanzadas, o desaparecer. Del total de 119 especies de mamíferos europeos y asiáticos existentes hace dos millones de años, sólo nueve perviven en nuestros días. El resto evolucionaron hacia especies más avanzadas o desaparecieron. De nuevo el nacimiento y la muerte están inseparablemente ligados en el proceso agridulce, contradictorio y dialéctico de la evolución.

La última glaciación dio paso a un nuevo período interglaciar que se ha prolongado hasta la actualidad, pero que inevitablemente llegará a su fin. El *Homo erectus* dejó paso a un homínido más avanzado hace 500.000 años: el *Homo sapiens*. Éste se ramificó hace 100.000 años. El ser humano (*Homo sapiens sapiens*) fue una de sus líneas evolutivas. La otra, el hombre de Neanderthal (*Homo sapiens neanderthalensis*), desapareció o fue absorbida hace 40.000 años. Por lo tanto, la raza humana se desarrolló durante un período caracterizado por un intenso enfria-

miento que significó una dura lucha por la supervivencia. Sin embargo, hubo otros períodos en que las condiciones mejoraron, estimulando el aumento de población y oleadas de migraciones humanas. Era el amanecer de la edad del género humano.

ENGELS Y LOS ORÍGENES DEL HOMBRE

¿Cómo se ven las ideas de Engels en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre* a la luz de las más recientes teorías de la evolución?

Uno de los más destacados paleontólogos modernos es Stephen J. Gould. En su libro *Desde Darwin*, hace la siguiente apreciación del ensayo de Engels:

"El siglo XIX produjo un análisis brillante por parte de una fuente que sin duda sorprenderá a muchos lectores: Federico Engels (un poco de reflexión debería disminuir esta sorpresa). Engels tenía un interés entusiasta en las ciencias naturales y buscaba basar su filosofía general del materialismo dialéctico sobre una base 'positiva'. No vivió para completar su *Dialéctica de la naturaleza*, pero incluyó largos comentarios sobre ciencia en tratados como *Anti-Dühring*. En 1876, Engels escribió un ensayo titulado *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*. Se publicó póstumamente en 1896, y desgraciadamente no tuvo ningún impacto visible en la ciencia occidental.

"Engels considera tres características esenciales de la evolución humana: el habla, un cerebro grande y la postura erguida. Argumenta que el primer paso debió de ser un descenso de los árboles, con la consiguiente evolución hacia una posición erguida por parte de nuestros antepasados moradores del suelo. 'Estos simios, cuando se movían por el suelo, empezaron a abandonar el hábito de utilizar sus manos y a adoptar una manera de andar cada vez más erguida. Este fue un paso decisivo en la transición del simio al hombre'. La postura erguida liberó la mano para la utilización de herramientas (trabajo, en la terminología de Engels); el incremento en la inteligencia y el habla aparecieron más tarde"[180].

A pesar de todo, las teorías idealistas sobre la evolución del hombre siguen manteniendo en retaguardia una acción constante contra el materialismo, como podemos ver en el siguiente extracto de un libro publicado tan recientemente como este mismo año*:

"La fuerza que más probablemente ha dirigido nuestra evolución [es] el proceso de evolución cultural. En la medida en que nuestras culturas evolucionaron en complejidad, también lo hicieron nuestros cerebros, que así empujaron a nuestros cuerpos hacia una mayor capacidad de respuesta y a nuestra cultura a una complejidad todavía mayor, en un proceso que se autoalimenta. Cerebros mayo-

180. S. J. Gould, *Ever Since Darwin*, pp. 210-11.

* 1995. (Nota de la editorial).

res y más inteligentes llevaron a culturas más complejas y cuerpos adaptados para sacar partido de ellas, lo que a su vez llevó a cerebros todavía mayores y más inteligentes"[181].

Los idealistas han intentado demostrar una y otra vez que el hombre se distingue de los animales "inferiores" por su inteligencia superior. Según esta interpretación, el hombre primitivo, por alguna razón desconocida, primero "se hizo inteligente", luego empezó a hablar, utilizar herramientas, pintar murales y demás. Si esto fuese cierto se podría esperar que tuviese un reflejo en un aumento significativo muy temprano de la capacidad cerebral. Sin embargo, el registro fósil demuestra que no fue así.

En el transcurso de las últimas tres décadas se han dado una serie de avances muy importantes en la paleontología, se han descubierto nuevos e interesantes fósiles y una nueva manera de interpretarlos. Según una reciente teoría, los primeros simios bípedos evolucionaron ya hace unos siete millones de años. Posteriormente, en un proceso que los biólogos denominan *radiación adaptativa*, hubo una proliferación de especies bípedas, con la evolución de diferentes especies de simios, cada uno adaptado a sus propias condiciones medioambientales. Hace 2-3 millones de años, una de estas especies (*Homo erectus*) desarrolló un cerebro significativamente más grande. Fueron los primeros homínidos en usar el fuego, en utilizar la caza como fuente importante de alimento, en correr igual que los humanos actuales y en fabricar herramientas según un plan mental preconcebido. Así, el incremento del tamaño del cerebro coincide con la aparición de la fabricación de herramientas, hace unos 2'5 millones de años. Por tanto, tras 5 millones de años en que no hubo ningún aumento significativo del tamaño del cerebro, se dio un salto cualitativo claramente vinculable con la fabricación de herramientas.

La biología molecular indica que las primeras especies de homínidos aparecieron hace unos 5 millones de años, en forma de un simio bípedo con largos brazos y dedos curvos. El protohumano *Australopithecus* tenía un cerebro pequeño, sólo 400 centímetros cúbicos. El salto cualitativo tuvo lugar con el *Homo habilis*, que tenía un cerebro de 600 cc, es decir, un sorprendente aumento del 50%. El siguiente paso adelante importante fue con el *Homo erectus*, con un cerebro de entre 850 y 1.100 cc.

No fue hasta la aparición del *Homo sapiens*, hace unos 100.000 años, cuando el cerebro alcanzó su capacidad actual: 1.350 cc. Por lo tanto, los primeros homínidos no tenían grandes cerebros. *No fue el cerebro lo que potenció la evolución humana, sino que, al contrario, el crecimiento del mismo fue producto de la evolución, especialmente de la construcción de herramientas*. El salto cualitativo en la capacidad cerebral del *Homo habilis* está claramente vinculado a la fabricación de herramientas de piedra. De hecho, en la transición de *Homo erectus* a *Homo sapiens* se da otro salto cualitativo. "La mente humana apareció en la Tierra con

181. C. Wills, *The Runaway Brain, The Evolution of Human Uniqueness*, p. xxii.

una asombrosa rapidez", escribe John McCrone. "En sólo 70.000 años, un simple parpadeo de tiempo geológico, se cubre la transición de nuestros antecesores desde un simio listo a un *Homo sapiens* consciente de sí mismo.

"Al otro lado de la división evolutiva tenemos al *Homo erectus*, una bestia inteligente con un cerebro casi tan grande como el del humano moderno, una cultura sencilla de herramientas y el dominio del fuego, aunque un poco atrasada mentalmente. En nuestro propio lado tenemos al *Homo sapiens* con sus rituales y arte simbólico (pinturas rupestres, abalorios, brazaletes, lámparas decorativas, tumbas) que marcan la llegada de una mente consciente de sí misma. *Algo decisivo y repentino tiene que haber pasado*, y este acontecimiento pudo ser el punto de partida de la consciencia humana"[182].

¿PUEDEN LOS SIMIOS FABRICAR HERRAMIENTAS?

Recientemente se ha puesto de moda difuminar la diferencia entre los humanos y el resto del reino animal, hasta el punto de prácticamente hacerla desaparecer. En cierta manera, es preferible esto a las tonterías idealistas del pasado. Somos animales y compartimos toda una serie de características comunes con otros animales, especialmente con nuestros parientes más cercanos, los simios. La diferencia genética entre humanos y chimpancés es de alrededor de un dos por ciento. Sin embargo, también en este caso, la cantidad se transforma en calidad. *Este dos por ciento representa un salto cualitativo que ha separado decisivamente el género humano de todas las demás especies*.

El descubrimiento de una rara especie de chimpancés, los bonobos, que son incluso más cercanos a los humanos que otros chimpancés, ha levantado gran interés. En su libro *Kanzi, The Ape at the Brink of the Human Mind* (Kanzi, el mono al borde de la mente humana), Sue Savage-Rumbaugh y Roger Lewin han dado un informe detallado de sus investigaciones sobre las capacidades mentales de un bonobo cautivo, Kanzi. Sin duda el nivel de inteligencia demostrado por Kanzi es significativamente superior al observado hasta ahora en no humanos, y en algunos sentidos se parece al de un niño. Sobre todo parece demostrar la existencia de un potencial para, por ejemplo, la construcción de herramientas. Este es un argumento muy fuerte en favor de la teoría de la evolución.

Sin embargo, lo más significativo de los experimentos que intentaban que el bonobo fabricase una herramienta de piedra es que fracasaron. En libertad, los chimpancés utilizan "herramientas", como palos para sacar termitas del nido e incluso piedras como "yunques" para romper nueces. Estas operaciones expresan un alto nivel de inteligencia y sin duda demuestran que los parientes más cercanos al género humano tienen *algunos* de los prerrequisitos mentales necesarios para actividades más avanzadas. Pero, como Hegel dijo en una ocasión, cuando

182. *New Scientist*, 29/1/94.

queremos ver un roble no nos damos por satisfechos si se nos muestra una bellota. El *potencial* para elaborar herramientas no es lo mismo que elaborarlas, de igual manera que la posibilidad de ganar cien millones en la lotería no es lo mismo que ganarlos de verdad. Pero analizándolo más de cerca, este potencial se vuelve bastante relativo.

Los chimpancés cazan a veces pequeños monos. Pero no utilizan armas ni herramientas para hacerlo: *utilizan sus dientes*. Los primeros humanos eran capaces de descuartizar cadáveres de grandes animales, para lo que necesitaban herramientas de piedra afiladas. Sin duda los primeros homínidos utilizaban solamente utensilios ya hechos, como palos. Es el mismo tipo de actividad que podemos ver en los chimpancés. Si los humanos se hubiesen quedado en una dieta principalmente vegetariana, no hubiesen tenido necesidad de fabricar herramientas de piedra. Pero la capacidad de fabricarlas les dio acceso a una nueva fuente de comida. Esto sigue siendo cierto incluso si aceptamos que los primeros humanos no eran cazadores, sino principalmente carroñeros. Seguirían necesitando herramientas para abrirse paso a través de la recia piel de los animales más grandes.

Los protohumanos de la cultura Olduvai, en África oriental, ya poseían técnicas bastante avanzadas para fabricar herramientas por el proceso conocido como laminación. Seleccionaban las piedras adecuadas y descartaban las demás, las golpeaban con el ángulo correcto, etc., lo que demuestra un alto nivel de sofisticación y habilidad, que no se encuentra en el "trabajo" de Kanzi a pesar de la intervención activa de humanos tratando de animar al bonobo a fabricar una herramienta. Después de repetidos esfuerzos, los experimentadores se vieron obligados a reconocerlo:

"Hasta ahora Kanzi ha demostrado un grado relativamente bajo de sutileza tecnológica en cada uno de [los cuatro criterios] comparados a los observados en el registro del Paleolítico inferior".

Y concluyen: "Por supuesto que hay una clara diferencia entre la habilidad picapedrera de Kanzi y los fabricantes de herramientas de Olduvai, lo que parece implicar que esos humanos primitivos habían dejado de hecho de ser simios"[183].

Entre las diferencias que separan a incluso los homínidos más primitivos de los simios más superiores están los importantes cambios en la estructura corporal relacionados con la postura erguida. La estructura de los brazos y muñecas del bonobo, por ejemplo, es diferente de la humana. Los largos y curvados dedos y el corto pulgar le impiden agarrar una piedra con la firmeza suficiente para dar un golpe fuerte. Esto ya había sido planteado por otros:

La mano del chimpancé tiene un pulgar bastante desarrollado que se puede oponer a los dedos, "pero es corto y grueso y no se junta con la punta del dedo índice. En la mano del homínido, el pulgar es mucho más largo y está girado de tal manera que se enfrenta al índice. Esto es concomitante a la bipedación y

183. S. Savage-Rumbaugh y R. Lewin, *Kanzi. The Ape at the Brink of the Human Mind*, p. 218.

produce un incremento mayor de la destreza. Todos los homínidos parecen haber tenido este tipo de mano, incluso el *afarensis*, el más viejo que conocemos hasta el momento. Su mano es difícilmente distinguible de la del hombre moderno"[184].

A pesar de todos los esfuerzos para difuminar la línea divisoria, la diferencia entre los simios más avanzados y los homínidos más primitivos está fuera de toda duda. Irónicamente, estos experimentos que intentaban refutar la idea de los humanos como animales fabricantes de herramientas *han demostrado justo lo contrario*.

LOS HUMANOS Y EL LENGUAJE

De la misma manera que unos intentaron demostrar que la construcción de herramientas no es una característica fundamental de la humanidad, otros lo intentaron con el lenguaje. La parte del cerebro conocida como *centro de Broca* está asociada al lenguaje y se creía que sólo existía en los humanos; ahora se sabe que también existe en otros animales. Esto ha sido utilizado para rebatir la idea de que la adquisición del lenguaje es exclusiva de los humanos. Pero el argumento parece bastante débil. El hecho sigue siendo que no hay ninguna otra especie, aparte de la nuestra, que dependa del lenguaje para su existencia como tal especie. El lenguaje es esencial para el modo social de producción, que es la base de la sociedad humana.

Para demostrar que otros animales se pueden comunicar hasta cierto punto, no es necesario estudiar a los bonobos. Muchas especies tienen formas de comunicación bastante desarrolladas. No sólo mamíferos, también pájaros e insectos, como las hormigas o las abejas. Pero no se puede plantear que ello implique pensamiento inteligente, o simplemente pensamiento; son instintivas e innatas y tienen un alcance muy limitado. Repiten una y otra vez mecánicamente las mismas acciones, y no por eso son más efectivas. Muy pocos las considerarían *lenguaje* tal y como lo entendemos.

Se puede enseñar a un loro a repetir frases enteras. ¿Eso quiere decir que habla? Está claro que aunque pueda imitar sonidos bastante bien, no comprende nada de su significado. Pero precisamente la comunicación de significados es la esencia del lenguaje inteligible. Las cosas son diferentes con los mamíferos superiores. Engels, gran amante de la caza, no estaba seguro de hasta qué punto los perros y los caballos no entendían parcialmente el habla humana y se sentían frustrados por no poder hablar. Ciertamente el nivel de comprensión demostrado por el bonobo Kanzi en cautividad sorprende bastante. A pesar de todo esto, hay razones específicas para que ningún otro animal posea lenguaje. Solamente los humanos tienen un sistema vocal que les permite pronunciar consonantes. Ningún otro

184. D. C. Johanson y M. A. Edey, *op. cit*., p. 325.

animal las puede pronunciar. De hecho, las consonantes sólo se pueden pronunciar junto con vocales, o quedarían reducidas a chasquidos y silbidos. La capacidad de pronunciar consonantes es un producto de la postura erguida, como demuestra el estudio sobre Kanzi:

"Sólo el hombre tiene un sistema vocal que le permite la producción de sonidos consonantes. Estas diferencias entre nuestro sistema vocal y el de los simios, aunque relativamente menores, son significativas y pueden estar vinculadas a la postura bípeda y la necesidad asociada de llevar la cabeza en una postura equilibrada, erguida sobre el centro de la espina dorsal. Una cabeza con una mandíbula grande y pesada obligaría a su poseedor a caminar con una inclinación hacia adelante y le impediría correr con rapidez. Para conseguir una postura erguida equilibrada, era esencial que la estructura de la mandíbula retrocediese y, de esta manera, el sistema vocal inclinado característico de los simios tomase el ángulo recto. Junto a la reducción de la mandíbula y el aplastamiento de la cara, la lengua, en lugar de estar situada totalmente en la boca, retrocedió parcialmente hacia dentro de la garganta para formar la parte posterior de la orofaringe. La movilidad de la lengua permite la modulación de la cavidad orofaríngea de una manera que no es posible en el simio, cuya lengua reside totalmente en la boca. De manera parecida, la curva pronunciada en la nasofaringe significa que la distancia entre el paladar blando y la parte posterior de la garganta es muy corta. Elevando el paladar blando podemos bloquear los conductos nasales, lo que nos permite formar la turbulencia necesaria para crear consonantes".

Sin consonantes no podríamos distinguir fácilmente entre una palabra y otra. Pueden transmitir una cantidad de información pero necesariamente limitada.

"El habla es infinitamente variada y actualmente sólo el oído humano está capacitado para encontrar las unidades con significado entre estas modulaciones infinitamente variadas. Las consonantes son las que nos permiten hacerlo". Los niños son capaces de categorizar consonantes, de manera similar a como lo hacen los adultos, desde un estadio muy temprano, como sabe cualquiera que haya oído "hablar" a un niño. Consiste precisamente en experimentos repetidos con combinaciones de vocales y consonantes (ba-ba, pa-pa, ta-ta, ma-ma). Incluso en este estadio inicial, el niño es capaz de hacer lo que ningún animal.

¿Tendríamos que sacar la conclusión, por lo tanto, de que la única razón por la que otros animales no hablan es fisiológica? Esto sería un error de bulto. La forma del sistema vocal y la capacidad física de combinar vocales y consonantes son las precondiciones físicas del habla humana, pero nada más que eso. Sólo el desarrollo de la mano, inseparablemente vinculado al trabajo, y la necesidad de desarrollar una sociedad altamente cooperativa hicieron posibles un cerebro mayor y el lenguaje. Parece ser que las áreas cerebrales relacionadas con la utilización de instrumentos y el lenguaje tienen un origen común en el desarrollo temprano del sistema nervioso del niño, y solamente se separan a los dos años, cuando el centro de Broca establece circuitos diferenciados con el córtex anterior

prefrontal. Esto en sí mismo es una prueba llamativa del estrecho vínculo entre la fabricación de instrumentos y el lenguaje. El lenguaje y las habilidades manipuladoras se desarrollaron al tiempo, y esta evolución se reproduce en el desarrollo del niño hoy en día.

Incluso los primeros homínidos de la cultura de Olduvai tenían habilidades manipuladoras mucho más avanzadas que las de los simios. No eran simplemente "chimpancés erguidos". La fabricación de la herramienta de piedra más sencilla es mucho más compleja de lo que parece. *Requiere planificación y previsión*. El *Homo habilis* tenía que planificar de antemano. Tenía que saber que en el futuro necesitaría una herramienta incluso aunque no tuviese tal necesidad en el momento de encontrar el material apropiado. La cuidadosa selección del tipo de piedra y la búsqueda del ángulo correcto para golpearla demostraban un nivel de habilidad mental cualitativamente superior al de los simios. Parece improbable que al menos los rudimentos del lenguaje no estuviesen presentes en este estadio. Pero todavía hay más evidencias.

El 90% de los humanos son diestros. Este tipo de preferencia por una mano no se encuentra en otros primates. Los simios individuales pueden ser diestros o zurdos, pero la población en su conjunto se dividirá en dos mitades iguales. Este fenómeno está estrechamente vinculado a las habilidades manipuladoras y al lenguaje:

"Ser diestro o zurdo está asociado con la localización de funciones en el hemisferio opuesto del cerebro. Esta localización de las habilidades manipuladoras en el hemisferio izquierdo en (la mayoría de) los diestros va acompañada por la localización de las habilidades lingüísticas en ese mismo hemisferio. El hemisferio derecho se ha especializado en habilidades espaciales".

Este fenómeno no está presente en el *Australopithecus*, pero sí en los cráneos más antiguos conocidos del *Homo habilis*, el primer fabricante de herramientas. Es bastante improbable que sea una coincidencia. Cuando llegamos al *Homo erectus*, la evidencia es aplastante.

"Estas tres líneas de evidencia anatómica (el cerebro, el sistema vocal y la capacidad de utilización de herramientas) representan el principal apoyo para la opinión de un largo proceso de cambios graduales en el camino hacia el lenguaje. Junto a estos cambios en el cerebro y el sistema vocal, tuvieron lugar cambios graduales concomitantes en la mano, cambios que la hicieron cada vez más un instrumento capaz de construir y utilizar herramientas"[185].

El surgimiento del género humano representa un salto adelante cualitativo en la evolución. Por primera vez, la materia se hace consciente de sí misma. En lugar de evolución inconsciente, tenemos el inicio de la historia. En palabras de Engels:

"Con el hombre penetramos en la *historia*. Los animales también poseen una historia, la de su descendencia y gradual evolución hasta llegar a su estado actual. Pero esa historia se hace para ellos, y en la medida en que participan en ella, eso

185. S. Savage-Rumbaugh y R. Lewin, *op. cit*., pp. 226-27, 228 y 237-38.

ocurre sin que lo sepan o lo quieran. Por otro lado, cuanto más se alejan los seres humanos de los animales en el sentido más estrecho de la palabra, más hacen ellos mismos su historia en forma consciente, más se reduce la influencia de los efectos imprevistos y de las fuerzas incontroladas sobre dicha historia, y el resultado histórico corresponde con mayor exactitud al objetivo prefijado. Pero si aplicamos esta medida a la historia humana, inclusive a la de los pueblos más desarrollados de la actualidad, advertimos que aún existe una colosal desproporción entre los objetivos previstos y los resultados obtenidos, que predominan los efectos imprevistos y que las fuerzas incontroladas son mucho más poderosas que las puestas en movimiento de acuerdo con un plan. Y esto no puede ser de otra manera mientras la actividad histórica más esencial de los hombres, la que los elevó del estado animal al humano y la que constituye la base material de todas sus otras actividades, a saber, la producción de lo que necesita para vivir, o sea, en nuestros días, la producción social, se encuentre sometida ante todo al juego recíproco de efectos no deseados, provocados por fuerzas no dominadas, y mientras sólo por excepción logre los fines que persigue, pero con mayor frecuencia consiga exactamente lo contrario de lo que desea.

"En los países industriales más avanzados hemos dominado las fuerzas de la naturaleza, para ponerlas al servicio de la humanidad; con ello multiplicamos infinitamente la producción, de modo que un niño produce ahora más que antes cien adultos. ¿Y cuál es el resultado? Una jornada de trabajo creciente, una mayor miseria de las masas y, cada diez años, un gran derrumbe. Darwin no sabía qué amarga sátira escribía sobre la humanidad, y en especial sobre sus compatriotas, cuando mostró que la libre competencia, la lucha por la existencia, que los economistas celebran como la máxima conquista histórica, es el estado normal del *reino animal*.

"Sólo la organización consciente de la producción social, en la cual la producción y la distribución se llevan a cabo en forma planificada, puede elevar a la humanidad por encima del resto del mundo animal en lo que se refiere al aspecto social, tal como la producción en general lo hizo con el género humano en el aspecto específicamente biológico. La evolución histórica hace cada día más indispensable esa organización, pero al mismo tiempo la posibilita cada día más. A partir de ella comenzará una nueva época de la historia en la cual la humanidad misma, y con ella todas las ramas de su actividad, y en particular las ciencias naturales, experimentarán un avance que dejará en las sombras más densas todo lo obtenido hasta ese momento"[186].

186. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 37-38.

13. La génesis de la mente

El puzzle del cerebro

> *La naturaleza orgánica surgió a partir de la naturaleza muerta; la naturaleza viva produjo una forma capaz de pensar. Primero tuvimos materia, incapaz de pensar; a partir de la cual se desarrolló materia pensante, el hombre. Si este es el caso —y a través de las ciencias naturales sabemos que lo es— está claro que la materia es la madre de la mente; la mente no es la madre de la materia. Los niños nunca son más viejos que sus padres. 'La mente' viene después, y por lo tanto debemos considerarla la descendencia, y no la madre (...) la materia existió antes de la aparición del humano pensante; la Tierra existió durante mucho tiempo antes de la aparición de ninguna 'mente' pensante sobre su superficie. En otras palabras, la materia existe objetivamente, independientemente de la 'mente'. Pero el fenómeno psíquico, la llamada 'mente', nunca y en ninguna parte existe sin materia, nunca fue independiente de la materia. El pensamiento no existe sin un cerebro; los deseos son imposibles a no ser que haya un cuerpo deseoso (...) En otras palabras: los fenómenos psíquicos, los fenómenos de la conciencia, son simplemente una propiedad de la materia organizada de una manera concreta, una 'función' de ese tipo de materia.*
>
> Nikolai Bujarin

> *La interpretación de los mecanismos del cerebro representa uno de los últimos misterios biológicos que quedan, el último refugio del misticismo sombrío y la dudosa filosofía religiosa.*
>
> Steven Rose

Durante siglos, el tema central de la filosofía fue la relación entre el pensamiento y el ser. Ahora, por fin, los enormes avances científicos están empezando a arrojar algo de luz sobre el carácter real de la mente y su funcionamiento. Estos avances son una enfática confirmación del punto de vista materialista, especialmente

con respecto a las polémicas sobre el cerebro y la neurobiología. El último refugio del idealismo está siendo atacado, lo cual no impide a los idealistas lanzar una testaruda contraofensiva, como demuestra la siguiente cita:

"Cuando se hizo imposible investigar *este elemento no material de la creación*, muchos lo descartaron. Empezaron a pensar que sólo la materia era real. Y de esta manera nuestros pensamientos más profundos fueron reducidos a nada más que productos de las células cerebrales funcionando según las leyes de la química (...) debemos estudiar las respuestas eléctricas que acompañan el pensamiento, pero no podemos reducir Platón a pulsaciones nerviosas, o Aristóteles a ondas alfa (...) Las descripciones de los movimientos físicos nunca revelarán su significado. La biología sólo puede examinar el mundo interconectado de neuronas y sinapsis"[187].

Lo que llamamos "mente" no es más que el modo de existencia del cerebro. Es un fenómeno enormemente complicado, el producto de millones de años de evolución. La dificultad a la hora de analizar los complejos procesos que tienen lugar en el cerebro y el sistema nervioso y las interrelaciones igualmente complejas entre los procesos mentales y el entorno ha retrasado durante siglos la correcta comprensión de la naturaleza del pensamiento. Esto ha permitido a los idealistas y teólogos especular con el supuesto carácter místico del "alma", concebida como una sustancia inmaterial que se dignaba a residir temporalmente en el cuerpo. Los avances de la moderna neurobiología significan que, al final, los idealistas están siendo expulsados de su último refugio. A medida que vamos descifrando los secretos del cerebro y del sistema nervioso, se hace más fácil explicar la mente sin recurrir a agentes sobrenaturales, como *la suma total de la actividad cerebral*.

En palabras del neurobiólogo Steven Rose, la mente y la conciencia son "la consecuencia inevitable de la evolución de estructuras cerebrales concretas que se desarrollaron en una serie de cambios evolutivos en el camino del surgimiento de la humanidad (...) la consciencia es una consecuencia de la evolución de un nivel concreto de complejidad y un grado de interacción entre las células nerviosas [neuronas] del córtex cerebral, mientras que la forma que adopta está profundamente modificada en cada cerebro individual por su desarrollo en relación con el entorno"[188].

LA MENTE, ¿UNA MÁQUINA?

Las concepciones del cerebro humano han cambiado considerablemente en los últimos 300 años, desde el nacimiento de la ciencia moderna y el surgimiento de la sociedad capitalista. La percepción del cerebro ha sido moldeada a través de la historia por los prejuicios religiosos y filosóficos de cada momento. Para la Igle-

187. Blackmore y Page, *Evolution: the Great Debate*, pp. 185-86. El subrayado es nuestro.
188. S. Rose, *The Conscious Brain*, p. 31.

sia, la mente era la "casa de Dios". El materialismo mecánico del siglo XVIII la consideraba como un mecanismo de relojería. Más recientemente ha sido descrita como una suma improbable de acontecimientos probabilísticos. En los tiempos medievales, cuando la ideología católica lo dominaba todo, se decía que el alma impregnaba todas las partes del cuerpo; cerebro, cuerpo, mente o materia eran indistinguibles. Con Copérnico, Galileo y finalmente Newton y Descartes, con su concepción materialista mecánica, hubo un cambio en el enfoque.

Para Descartes, el mundo era como un mecanismo de relojería o una máquina hidráulica, y los organismos vivos simplemente tipos particulares de ellos. Esta imagen cartesiana ha dominado la ciencia y actuado como metáfora legitimadora de una particular visión del mundo, en la que se tomaba la máquina como modelo para los organismos vivos, y no al revés. Los cuerpos son unidades indisolubles que pierden sus características esenciales si los despiezamos. Las máquinas por el contrario se pueden desmontar y volver a montar. Cada parte sirve para una función separada y analizable, y el todo funciona de una manera regular que se puede describir por la acción de sus partes componentes incidiendo las unas en las otras.

La imagen del cerebro ha reflejado las limitaciones de la ciencia de cada época. El punto de vista mecanicista del siglo XVIII fue un reflejo de que en ese momento la ciencia más avanzada era la mecánica. ¿Acaso no había explicado el gran Newton todo el universo en términos de las leyes de la mecánica? Entonces, ¿por qué tenían el cuerpo humano y la mente que funcionar de otra manera? Descartes aceptó este punto de vista cuando describió el cuerpo humano como una especie de autómata. Pero, dado que era un católico devoto, no podía aceptar que el alma inmortal fuese parte de esa máquina. Tenía que ser algo totalmente aparte, situado en un lugar especial del cerebro, la llamada glándula pineal. Desde ese oscuro rincón del cerebro, el Espíritu se alojó temporalmente en el cuerpo y dio vida a la máquina.

"De esta manera se desarrolló la disyunción inevitable pero fatal del pensamiento científico occidental", dice Steven Rose, "el dogma conocido en el caso de Descartes y sus sucesores como 'dualismo'; un dogma que, como veremos, es la consecuencia inevitable de cualquier tipo de materialismo reduccionista que no quiera aceptar al final que los humanos no son 'nada más' que el movimiento de sus moléculas. El dualismo fue una solución a la paradoja del mecanicismo, que permitió a la religión y a la ciencia reduccionista evitar durante otros dos siglos su batalla inevitable por la supremacía ideológica. Fue una solución que era compatible con la distribución capitalista de la semana porque en los días laborables permitía tratar a los humanos como simples mecanismos físicos objetivados y que podían ser explotados sin contradicción, mientras que los domingos se podía reforzar el control ideológico con la afirmación de la inmortalidad y el libre albedrío de un espíritu ilimitado e incorpóreo no afectado por los traumas del mundo del trabajo diario a los que el cuerpo había sido sometido"[189].

189. S. Rose, *Molecules and Minds*, p. 23.

En los siglos XVIII y XIX cambió la concepción de la mente como "el fantasma de la máquina". Con el descubrimiento de la electricidad, se percibió el cerebro y el sistema nervioso como un laberinto eléctrico. Al cambiar el siglo surgió la analogía con la centralita telefónica, en la que el cerebro procesaba mensajes de los diferentes órganos. Con la era de la producción en masa llegó el modelo de la organización empresarial, tal y como se explicaba en esta enciclopedia infantil:

"Imagínate tu cerebro como la sección ejecutiva de una gran empresa. Está dividido, como puedes ver aquí, en muchos departamentos. Sentado en un gran escritorio en el despacho principal está el Director General, tu ser consciente, con líneas telefónicas que le conectan a todos los departamentos. A tu alrededor están los asesores principales: los Superintendentes de Mensajes Recibidos, como la Visión, el Gusto, el Olfato, el Oído y el Sentimiento (estos dos últimos, escondidos detrás de las oficinas centrales). Cerca también tenemos los Superintendentes de Mensajes Enviados, que controlan el Habla y el Movimiento de Brazos y Piernas, y las demás partes del cuerpo. Por supuesto, sólo los mensajes más importantes llegan a tu oficina. Las tareas rutinarias, como el funcionamiento del corazón, pulmones y estómago, o supervisar detalles menores del trabajo muscular, las llevan a cabo los Directores de Acciones Automáticas en el Tronco Cerebral y el Director de Acciones Reflejas en el Cerebelo. Todos los demás departamentos forman lo que los científicos llaman el cerebro".

Con el desarrollo de los ordenadores, que podían llevar a cabo cálculos impresionantes, el paralelismo se hizo inevitable. La forma en que los ordenadores almacenaban información se denominó *memoria*. Se construyeron ordenadores cada vez más complejos. ¿Hasta qué punto se podría acercar un ordenador al cerebro humano? La ciencia-ficción nos trajo las películas de *Terminator*, en las que los ordenadores habían superado la inteligencia humana y luchaban por el control del mundo. Pero como Steven Rose explica en su último libro: "Los cerebros no trabajan con *información* en el sentido del ordenador, sino con *significado*. Y significado es un proceso modelado y desarrollado históricamente, expresado por individuos en interacción con su entorno natural y social. De hecho, uno de los problemas del estudio de la memoria es precisamente que es un fenómeno dialéctico. Porque cada vez que recordamos, de alguna manera trabajamos sobre y transformamos nuestros recuerdos; no son simplemente traídos del almacén y almacenados de nuevo sin modificación una vez los hemos consultado. Nuestros recuerdos son recreados cada vez que recordamos"[190].

¿QUÉ ES EL CEREBRO?

El cerebro humano es el punto álgido de la evolución de la materia. Pesa unos 1.500 gramos, con lo que es más pesado que muchos otros órganos humanos. Su

190. S. Rose, *The Making of Memory*, p. 91.

superficie es rugosa como la de una nuez y tiene un color y una consistencia parecida a la de las gachas. Sin embargo, biológicamente es bastante complejo. Contiene una enorme cantidad de neuronas, posiblemente cien mil millones. Pero incluso esta cifra se queda pequeña cuando descubrimos que cada neurona está encajada en una masa de células más pequeñas, llamadas glías o neuroglías, que les sirven de soporte.

La principal parte componente del encéfalo humano (conjunto de órganos del sistema nervioso contenidos en el cráneo) es el cerebro, que está dividido en dos partes iguales. La zona superficial es conocida como córtex. El tamaño del córtex distingue a los humanos de todos los demás organismos. El cerebro se divide en dos regiones o lóbulos que se corresponden, de forma aproximada, con funciones particulares del cuerpo y del procesamiento de información sensorial. Detrás del cerebro se sitúa el cerebelo, que supervisa todos los pequeños movimientos musculares del cuerpo. Debajo de estas partes está el bulbo raquídeo, que es la continuación de la médula espinal. Ésta pone en comunicación todas las fibras nerviosas del cuerpo con el cerebro.

El tamaño del cerebro, que distingue a los humanos de otros animales, se debe principalmente al incremento del tamaño de la fina capa exterior de células nerviosas conocida como neocórtex. Pero esta expansión no fue uniforme. Los lóbulos frontales, asociados con la planificación y la previsión, se expandieron mucho más que el resto. Lo mismo es cierto para el cerebelo, situado en la parte posterior del cráneo y que se asocia con la capacidad de adquirir habilidades automáticas, toda una serie de actividades diarias que realizamos sin pensarlas, como montar en bicicleta, cambiar las marchas en un coche o abotonarnos el pijama.

El propio cerebro contiene un sistema circulatorio que proporciona nutrientes a zonas alejadas del suministro sanguíneo. Sin embargo, recibe una gran proporción de sangre conteniendo oxígeno y glucosa, que son vitales. A pesar de que el cerebro adulto sólo representa el 2% del peso corporal, su consumo de oxígeno representa el 20% del total (50% en el niño). El 20% del consumo de glucosa del cuerpo se produce en el cerebro. Una quinta parte del total de la sangre bombeada por el corazón pasa por el cerebro. Los nervios transmiten la información eléctricamente. La señal que circula a través de un nervio lo hace en forma de onda eléctrica, un impulso que pasa de la célula del cuerpo al final de la fibra nerviosa. Por lo tanto, el lenguaje del cerebro está determinado por la cantidad y la frecuencia de esos impulsos eléctricos. “La información sobre la que se basan tales predicciones”, escribe Rose, “depende de la llegada de datos a la superficie del cerebro en términos de luz y sonido de diferentes longitudes de onda e intensidades, fluctuaciones de temperatura, presión en puntos concretos de la piel, concentración de determinadas sustancias químicas detectadas por la lengua o la nariz. Dentro del cuerpo, estos datos se transforman en una serie de señales eléctricas que pasan a través de nervios concretos hasta las zonas centrales del cerebro, donde las señales interaccionan las unas con las otras produciendo ciertos tipos de respuesta”.

La neurona se compone de una serie de partes (dendritas, cuerpo celular, axón, botones sinápticos) que llevan a cabo la transmisión de información. En otras palabras, la neurona es la unidad del sistema encefálico. En cada acción muscular coordinada están implicadas miles de neuronas motrices. Algo más complejo implica a millones, aunque un millón de neuronas sólo representa solamente el 0'01% del total de las disponibles en el córtex humano. Pero el cerebro no se puede entender como un ensamblaje de partes separadas. Aunque el análisis detallado de la composición del cerebro es importante, tiene sus limitaciones.

"Hay muchos niveles a los cuales se puede describir el comportamiento del cerebro", plantea Rose. "Se puede describir la estructura cuántica de los átomos, las propiedades moleculares de sus componentes químicos, la apariencia electrónico-micrográfica de sus células individuales, el comportamiento de sus neuronas como un sistema interactivo, la historia evolutiva o del desarrollo de estas neuronas como un modelo cambiante en el tiempo, la respuesta de comportamiento del individuo humano cuyo cerebro estamos estudiando, el entorno social o familiar de ese humano, etc."[191]. Para comprender el cerebro hay que entender las complejas interacciones dialécticas de todas sus partes. Hay que unir toda una serie de ciencias, etología, psicología, fisiología, farmacología, bioquímica, biología molecular e incluso cibernética y matemáticas, para poder observar este fenómeno en su conjunto dialéctico.

LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO

En la antigua mitología, la diosa Minerva surgió totalmente formada de la cabeza de Júpiter. El cerebro no tuvo tanta suerte. Lejos de ser creado en un solo momento, evolucionó hasta su complejo sistema actual a través de millones de años. Empezó a existir en un estadio relativamente primitivo de la evolución. En primer lugar, los organismos unicelulares muestran ciertos modelos de comportamiento (por ejemplo, el movimiento hacia la luz o hacia los nutrientes). Con la aparición de la vida multicelular se produjo una aguda división entre la vida animal y vegetal. Aunque tienen sistemas de señales internos que les permiten "comunicarse", la evolución de las plantas les alejó de los nervios y el cerebro. El movimiento en el reino animal requiere una rápida comunicación entre las células de diferentes partes del cuerpo.

Las criaturas unicelulares son autosuficientes. La comunicación entre las diferentes partes de la célula es relativamente simple. Por otra parte, los organismos multicelulares son cualitativamente diferentes y permiten la especialización de las células. Unas pueden encargarse principalmente de la digestión, otras de formar una capa protectora, otras de la circulación, etc. En los organismos multicelulares más primitivos ya existe un sistema de señales químicas (hormonas). Por lo tan-

191. S. Rose, *The Conscious Brain*, p. 28.

to, incluso a ese nivel tan primitivo se pueden encontrar células especializadas. Es un paso hacia un sistema nervioso, en el que las neuronas se agrupan en *ganglios*, que son el vínculo evolutivo entre los nervios y el cerebro y existen en insectos, crustáceos y moluscos.

El desarrollo de la cabeza y la localización de los ojos y la boca son una ventaja a la hora de recibir información de adónde se dirige el animal. De acuerdo con este desarrollo, un grupo de ganglios se arraciman en la cabeza de un platelminto (gusano plano). Representa la evolución del cerebro, aunque de una forma muy primitiva. El platelminto también tiene capacidad de aprendizaje, una característica clave del cerebro desarrollado. Representa un salto adelante evolutivo.

Hace más de una década, unos neurocientíficos norteamericanos descubrieron que los mecanismos celulares básicos para la formación de la memoria en los humanos también están presentes en los caracoles. El profesor Eric Kandel, de la Universidad de Columbia, estudió el aprendizaje y la memoria de un caracol marino llamado *Aplysia californica* y descubrió que tenía algunas de las características básicas de los humanos. La diferencia es que mientras que el cerebro humano tiene cien mil millones de células nerviosas, el *Aplysia* sólo tiene algunos miles aunque bastante grandes. El que compartamos estos mecanismos con un caracol de mar es una respuesta suficiente a los tozudos intentos de los idealistas de presentar al género humano como una creación única, separada y aparte de los demás animales. Casi todas las funciones del cerebro dependen de la memoria. No hay ninguna necesidad de recurrir a la intervención divina para explicar este fenómeno. Los procesos naturales tienden a ser bastante conservadores. Una vez alcanzada una adaptación que demuestra ser útil para ciertas funciones, ésta se propaga y mejora constantemente a través de la evolución, hasta el punto de proporcionar una ventaja evolutiva.

La evolución ha introducido muchas innovaciones en el cerebro de los animales, especialmente en los grandes cerebros de los primates superiores y los humanos. El *Aplysia* puede "recordar" algo durante varias semanas, pero su memoria sólo implica un nivel de actividad mental conocido como *hábito* en los humanos. Este tipo de memoria está implícito en, por ejemplo, recordar cómo se nada. Las investigaciones en gente con lesiones cerebrales parecen sugerir que la facultad de recordar hechos y hábitos está almacenada por separado en el cerebro. Una persona puede perder la memoria de los hechos pero seguir montando en bicicleta. Los recuerdos que llenan el cerebro humano son infinitamente más complejos que los procesos que se dan en el sistema nervioso de un caracol.

El continuo crecimiento del cerebro requiere un cambio drástico en la evolución animal. El sistema nervioso de los artrópodos o de los moluscos no se puede desarrollar más allá porque tienen un problema de diseño. Sus células nerviosas forman un círculo alrededor de la tripa, y si se expandiesen restringirían ésta cada vez más, un límite claramente demostrado en la araña, que tiene la tripa tan limitada por su anillo nervioso que sólo puede digerir comida en forma de

líquidos poco densos. La capacidad cerebral ha llegado a sus límites físicos. Los insectos no pueden desarrollarse más allá de cierta medida debido a que sus estructuras se romperían bajo su propio peso, y por lo tanto tienen un límite para el tamaño de su cerebro. Los insectos gigantes de las películas de terror están limitados al reino de la ciencia-ficción.

Un mayor desarrollo cerebral requiere la separación de nervios y tripa. El surgimiento de los peces vertebrados provee el modelo para el desarrollo posterior de la médula espinal y el cerebro. La cavidad craneana puede albergar un cerebro mayor y los nervios se extienden desde la médula espinal. En los orificios oculares se desarrolló un ojo creador de imágenes que puede presentar modelos ópticos al sistema nervioso. El surgimiento de los anfibios y reptiles terrestres presenció el desarrollo de la parte anterior del cerebro. Esto tiene lugar a expensas de los ojos.

Veinte años atrás, Harry Jerison, de la Universidad de California, desarrolló la idea de la correlación del tamaño del cerebro con el tamaño del cuerpo y trazó su desarrollo evolutivo. Descubrió que el cerebro de los reptiles es tan pequeño como hace trescientos millones de años. La gráfica de su capacidad cerebral (dinosaurios incluidos) en relación con su tamaño corporal daba como resultado una línea recta. Sin embargo, la aparición de los mamíferos hace unos 200 millones de años marcó un salto en el tamaño cerebral. Aquellos pequeños animales nocturnos tenían un cerebro proporcionalmente cuatro o cinco veces mayor que el cerebro medio de los reptiles, debido principalmente al desarrollo del córtex cerebral, que es específico de los mamíferos, que mantuvo su tamaño relativo durante unos 100 millones de años hasta que hace unos 65 millones se desarrolló rápidamente. Según Roger Lewin, en 30 millones de años el desarrollo del cerebro "se había incrementado entre cuatro y cinco veces, y los mayores incrementos coincidían con la evolución de los ungulados [mamíferos con cascos o pezuñas], carnívoros y primates" (*New Scientist*, 5/12/92).

A medida que se fueron desarrollando, el tamaño del cerebro de monos, simios y humanos se hizo mucho mayor. Teniendo en cuenta el tamaño corporal, el cerebro de los monos es dos o tres veces mayor que el cerebro medio de los mamíferos actuales, mientras que el cerebro humano es seis veces mayor. El desarrollo del cerebro no fue continuo y gradual, sino dialéctico. "Aunque esta imagen a grandes trazos deja de lado detalles importantes", dice Roger Lewin, "el mensaje es bastante claro: la historia del cerebro implica largos períodos de constancia interrumpidos por explosiones de cambio" (*Ibíd.*)

En menos de tres millones de años, un salto evolutivo, el cerebro triplicó su tamaño relativo, creando un córtex que representa entre el 70 y el 80% del volumen cerebral. Las primeras especies de homínidos bípedos evolucionaron hace unos 7-10 millones de años. Sin embargo, sus cerebros eran relativamente pequeños, parejos a los de los simios. Entonces, hace unos 2'6 millones de años, se produjo una gran expansión, con la aparición del *Homo*. "Tuvo lugar un salto en la evolución de los antepasados de los actuales humanos," dice el geólogo Mark Maslin, de la Universidad de Kiel. "Toda la evidencia existente," explica Lewin, "sugiere que la

expansión del cerebro empezó hace unos 2'5 millones de años, un período que coincide con la aparición de las primeras herramientas de piedra". Con el trabajo, como Engels explicó, se produjo la expansión del cerebro y el desarrollo del habla. La comunicación animal primitiva dio paso al lenguaje, un avance cualitativo. Esto también tuvo que depender del desarrollo de las cuerdas vocales. El cerebro humano es capaz de hacer abstracciones y generalizaciones más allá de lo que es capaz el chimpancé, con el que está estrechamente relacionado.

El incremento del tamaño cerebral aumentó también su complejidad y se reorganizaron los circuitos neuronales. El principal beneficiario fue la sección anterior del córtex, el lóbulo frontal, que es seis veces mayor que en los simios. Debido a su tamaño, esta zona puede proyectar más fibras al cerebro medio desplazando allí conexiones desde otras zonas cerebrales. "Esto podría ser significativo para la evolución del lenguaje" dice Terrence Deacon, de la Universidad de Harvard, que señala que la zona prefrontal es donde residen ciertos centros del lenguaje humano. Para los humanos, esta realidad de la conciencia se revela en la autoconsciencia y el pensamiento.

"Con el surgimiento de la conciencia", observa Steven Rose, "ocurre un salto adelante evolutivo cualitativo, formando la distinción crítica entre los humanos y las demás especies, de tal manera que los humanos se han convertido en mucho más variados y están sujetos a interacciones mucho más complejas que lo que es posible en otros organismos. El surgimiento de la conciencia ha cambiado cualitativamente el modo de existencia humana; con ella aparece un nuevo orden de complejidad, un orden de organización jerárquica superior. Pero dado que hemos definido la conciencia no de forma estática, sino como un *proceso* que implica la interacción entre individuo y entorno, podemos ver cómo, a medida que las relaciones humanas se han ido transformando a lo largo de la evolución de la sociedad, también la conciencia humana se ha transformado. Nuestra capacidad craneal o número de células puede no ser muy diferente de la del primitivo *Homo sapiens*, pero nuestros entornos —nuestras formas de sociedad— son muy diferentes y de ahí que también lo sea nuestra conciencia, lo que significa que también lo son nuestros estados cerebrales"[192].

La importancia del habla

La importancia del habla, especialmente del *habla interna*, en el desarrollo de nuestro cerebro es crucial. Esta idea no es nueva, ya fue planteada por los filósofos de la antigua Grecia y por los del siglo XVII, especialmente Thomas Hobbes. En *La descendencia humana y la selección sexual*, Charles Darwin explicó: "Una cadena de pensamiento larga y compleja no se puede llevar a cabo sin la ayuda de las palabras, ya sean habladas o silenciosas, de la misma manera que no se puede

192. *Ibíd*., p. 179.

llevar a cabo un cálculo largo sin utilizar las cifras del álgebra". Esta concepción fue planteada seriamente por el psicólogo soviético Lev Vigotsky en la década de 1930, intentando refundir toda la psicología sobre esta base.

Utilizando ejemplos del comportamiento infantil, explicó cómo los niños pasan gran cantidad de tiempo hablándose a sí mismos en voz alta. Están ensayando los hábitos de planificación que más adelante interiorizarán como habla interna. Vigotsky demostró que esta habla interna era la base de la capacidad humana para acumular y evocar recuerdos. La mente humana está dominada por un mundo interior de pensamientos estimulado por nuestras sensaciones, que es capaz de generalización y perspectiva. Los animales también tienen memoria, pero parece estar encerrada en el presente, reflejando el entorno inmediato. El desarrollo del habla interna humana nos permite recordar y desarrollar ideas. En otras palabras, el habla interna jugó un papel clave en la evolución de la mente humana.

Aunque la muerte prematura de Vigotsky truncó su trabajo, sus ideas han sido recuperadas y ampliadas con una importante aportación de la antropología, sociología, lingüística y psicología educativa. En el pasado se examinaba la memoria como un sistema biológico unitario, conteniendo la memoria a corto y largo plazo. Podía ser examinada neurofisiológica, bioquímica y anatómicamente. Pero hoy en día se está adoptando una posición más dialéctica, implicando a otras ciencias.

"De este método reduccionista", plantea Rose, "se deduce que la tarea correcta de las ciencias del organismo es reducir el comportamiento individual a configuraciones moleculares concretas; mientras que el estudio de poblaciones de organismos se reduce a la investigación de las cadenas de ADN que codifican el altruismo recíproco o egoísta. Casos paradigmáticos de este método en la última década han sido los intentos de purificar ARN, proteína o moléculas péptidas que se producen por aprendizaje y que 'codifican' memorias específicas; o la búsqueda por los biólogos moleculares de un organismo con un sistema nervioso 'simple' del que se pueda hacer un mapa (...) y en el que se puedan identificar las diferentes mutaciones de comportamiento a las que los diferentes diagramas de conexiones se asocian".

Rose llega a la conclusión de que "las paradojas a las que conduce este tipo de reduccionismo son probablemente más maliciosas que las de los modeladores de sistemas. Por supuesto, han sido aparentes desde Descartes, cuyo reducción del organismo a una máquina animal que funcionaba con energía hidráulica se tenía que reconciliar, en el caso de los humanos, con un alma con libre albedrío en la glándula pineal. Ahora, al igual que entonces, el reduccionismo mecánico se fuerza a sí mismo en puro idealismo"[193].

En la evolución del cerebro, muy pocas partes se descartan totalmente. A medida que se desarrollan nuevas estructuras, las viejas se reducen en tamaño e importancia. El desarrollo del cerebro conlleva una creciente capacidad de apren-

193. S. Rose, *Molecules and Mind*, pp. 96-97.

dizaje. En un primer momento se asumió que la transformación del simio en hombre había empezado con el desarrollo del cerebro. La capacidad cerebral del simio es de 400-600 cc; la humana, de 1.200-1.500 cc. Se creía que el "eslabón perdido" sería fundamentalmente parecido a un simio, pero con un cerebro más grande. De nuevo se consideraba que el aumento del cerebro precedía a la postura erguida. Aparentemente, primero habría sido la inteligencia, que a su vez habría permitido a los primeros homínidos comprender el valor de la bipedación.

Esta primera teoría fue puesta en duda decisivamente por parte de Engels como una extensión de la visión idealista de la historia. La postura erguida a la hora de caminar fue un paso decisivo en la transición de simio a hombre. Fue el carácter bípedo, que liberó las manos, lo que llevó a un posterior aumento del cerebro. "Primero el trabajo", dice Engels, "y con él el lenguaje: estos fueron los dos estímulos más esenciales bajo cuya influencia el cerebro del mono se convirtió poco a poco en el del hombre"[194]. Posteriores descubrimientos de restos fósiles confirmaron la tesis de Engels. "La confirmación era completa más allá de cualquier duda científica. Las criaturas africanas que se estaban desenterrando tenían cerebros no más grandes que los de los simios. Habían caminado y corrido como los humanos. El pie se diferenciaba muy poco del pie del hombre moderno, y la mano estaba a medio camino de la conformación humana"[195].

A pesar de la creciente evidencia a favor de los puntos de vista de Engels sobre los orígenes humanos, la concepción "primero el cerebro" sigue viva y coleando. En un libro reciente titulado *The Runaway Brain, The Evolution of Human Uniqueness* (El cerebro fugaz, la evolución de la singularidad humana), su autor, Christopher Willis, plantea: "Sabemos que al mismo tiempo que el cerebro de nuestros antecesores crecía, su postura se hacía *cada vez más erguida*, se desarrollaban las habilidades motoras y las señales vocales se iban graduando en habla"[196].

El hombre se va haciendo consciente de su entorno y de sí mismo. A diferencia de otros animales, los humanos pueden generalizar su experiencia. Mientras que los animales están dominados por su entorno, el ser humano lo cambia para satisfacer sus necesidades. La ciencia ha confirmado la afirmación de Engels de que "nuestra conciencia y nuestro pensamiento, por muy supersensuales que parezcan, son el producto de un órgano material, físico: el cerebro. La materia no es un producto del espíritu, y el espíritu mismo no es más que el producto supremo de la materia. Esto es, naturalmente, materialismo puro"[197]. A medida que se desarrolla el cerebro, se desarrolla también la capacidad de aprender y generalizar. En el cerebro se almacena información importante, probablemente en muchas partes del sistema. Esta información no se libera al mismo tiempo que se renuevan las molé-

194. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 141.

195. Washburn y Moore, *Ape to Man: A Study of Human Evolution*.

196. C. Wills, *op. cit*., p. 8. El subrayado es nuestro.

197. Marx y Engels. *Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana*, en *Obras escogidas*, vol. 3, p. 367.

culas del cerebro. En catorce días, el 90% de las proteínas del cerebro se rompen y son renovadas con moléculas idénticas. Esto revela claramente el carácter dialéctico del desarrollo molecular del cerebro. Tampoco existe ninguna razón para creer que el cerebro haya dejado de evolucionar. Su capacidad sigue siendo infinita. El desarrollo de una sociedad sin clases presenciará un nuevo salto delante del entendimiento humano. Por ejemplo, los avances de la ingeniería genética están sólo en su etapa embrionaria. La ciencia abre enormes oportunidades y desafíos, pero por cada problema que se resuelve se plantean muchos más, en una espiral infinita de conocimiento.

LENGUAJE Y PENSAMIENTO DEL NIÑO

Parece haber cierta analogía entre el desarrollo del pensamiento humano en general y el desarrollo del lenguaje y el pensamiento del ser humano individual, a través de la infancia y la adolescencia, hasta la edad adulta.

Esta cuestión fue planteada por Engels en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre:* "Pues así como la historia del desarrollo del embrión humano en el útero materno no es más que una repetición abreviada de la historia, que se extiende a lo largo de millones de años, de la evolución corporal de nuestros antepasados animales, a partir del gusano, así también el desarrollo mental del hijo del hombre no es más que una repetición más abreviada aún del desarrollo intelectual de esos mismos antepasados, por lo menos de los últimos"[198].

La *ontogenia* y la *filogenia* estudian respectivamente el desarrollo de embrión a adulto y las relaciones evolutivas entre especies. Ambas están vinculadas, pero no como una tosca imagen en el espejo. Por ejemplo, el embrión humano durante su desarrollo en la matriz parece pasar por fases que recuerdan las etapas de la evolución animal (se va pareciendo a un pez, un anfibio, un mamífero). Todos los humanos son parecidos en muchos aspectos, especialmente en las sustancias y estructuras del cerebro. Hay asombrosamente pocas variaciones químicas, anatómicas y fisiológicas. Tras la concepción, el óvulo fertilizado se segmenta hasta dar lugar a una esfera hueca de células, la *blástula*. El primer desarrollo reconocido tiene lugar en los primeros dieciocho días, con un engrosamiento que se convierte en la placa neural. La parte delantera se agranda para, más tarde, desarrollarse como cerebro. Tiene lugar otra diferenciación que se convertirá en los ojos, la nariz y las orejas. Los sistemas circulatorio y nervioso son los primeros que funcionan en la etapa embrionaria, con el corazón empezando a latir en la tercera semana de embarazo.

La invaginación de la placa neural origina el surco o canal neural, cuyos bordes más tarde se funden para dar lugar al tubo neural, que al final deriva en la médula espinal. En la parte del tubo correspondiente a la cabeza, aparecen protu-

198. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 145.

berancias, para formar los cerebros anterior (prosencéfalo), medio (mesencéfalo) y posterior (rombencéfalo). Todo está dispuesto para el rápido desarrollo del sistema nervioso central. Se da un salto cualitativo en la tasa de división de la célula, acercándose a la estructura celular final. Cuando el embrión tiene 13 milímetros de longitud, el cerebro ya posee cinco vesículas. Surgen los bulbos que forman los nervios ópticos y los ojos. A finales del tercer mes, el córtex cerebral y el cerebelo pueden identificarse, así como el tálamo y el hipotálamo. Al quinto mes, el córtex arrugado empieza a tomar forma. Para el noveno mes, todas las partes esenciales están desarrolladas, aunque después del nacimiento seguirá habiendo desarrollo. De hecho, el peso del cerebro es sólo de unos 350 gramos, frente a los 1.300-1.500 gramos de un adulto. A los seis meses tendrá el 50% de su peso adulto, 60% al año, 90% a los seis años y 95% a los diez. El rápido crecimiento del cerebro se refleja en el tamaño de la cabeza, que en un bebé es grande para su cuerpo, comparado con el de un adulto. El cerebro es el órgano del recién nacido más próximo a su estado de desarrollo adulto y supone el 10% de su peso corporal (2% en el adulto).

Las estructuras físicas del cerebro, en cuanto a su bioquímica, arquitectura celular y circuito eléctrico, son modificadas por los efectos de las respuestas del cerebro al entorno. El cerebro codifica ideas y recuerdos en forma de complejos cambios en el sistema neuronal. Así, todos los procesos del cerebro interaccionan para dar origen al fenómeno único de la conciencia: materia consciente de sí misma. Para el psicólogo canadiense Donald Hebb, la clave está en las uniones sinápticas entre dos células nerviosas, lo que sigue siendo la base de las ideas actuales. Un juego particular de circuitos y modelos de encendido entre sinapsis puede codificar la memoria, pero no estará localizada en un área concreta del cerebro. Puede estar codificada en ambos hemisferios. El entorno de cada individuo, especialmente en los primeros años del desarrollo, deja continuamente impresiones únicas en los procesos cerebrales y el comportamiento. “Una variedad de cambios de lo más sutil en el entorno, especialmente durante la infancia”, dice Rose, “puede provocar cambios a largo plazo en su química y funcionamiento”.

Sin esta interrelación dialéctica entre cerebro y entorno, el desarrollo de cada individuo vendría simplemente condicionado por sus genes. El comportamiento estaría codificado y sería predecible desde el principio. Pero dada la decisiva influencia del entorno en el desarrollo, un cambio en aquél puede provocar un cambio importante en el individuo.

Ojo, mano y cerebro

El desarrollo del lenguaje y el pensamiento del niño fue analizado rigurosamente por primera vez en los trabajos del epistemólogo suizo Jean Piaget. Algunos aspectos de sus teorías han sido cuestionados, especialmente la falta de flexibilidad con la que interpreta la manera en que el niño pasa de uno a otro de sus estadios.

Sin embargo, fue un trabajo pionero en un campo que había sido prácticamente ignorado, y muchas de sus teorías siguen siendo bastante válidas. Piaget fue el primero en plantear la idea de un proceso dialéctico de desarrollo desde el nacimiento, a través de la infancia, hasta la adolescencia, al igual que Hegel fue el primero en plantear una exposición sistemática del pensamiento dialéctico. Los defectos de ambos sistemas no deberían oscurecer sus contenidos positivos. Aunque los estadios de Piaget sin duda son un poco esquemáticos y sus métodos de investigación están abiertos a la crítica, mantienen su valor como visión general del desarrollo humano inicial.

Las teorías de Piaget fueron una reacción contra el enfoque de los conductistas, cuyo principal representante, Skinner, fue especialmente influyente durante los años 60 en Estados Unidos. El punto de vista conductista es completamente mecánico, basado en el modelo lineal de desarrollo acumulativo. Según esta teoría, el niño aprende más eficazmente cuando está sujeto a un programa lineal creado por profesores expertos y planificadores de currículos. Las teorías educativas de Skinner encajan muy bien con la mentalidad capitalista. Los niños sólo aprenderán, según esta teoría, si se les recompensa por ello, de la misma manera que a un obrero se le pagan más las horas extras.

Los conductistas adoptan una postura típicamente mecánica respecto al desarrollo del lenguaje. Noam Chomsky resaltó que Skinner describía correctamente cómo un niño aprendía las primeras palabras (principalmente sustantivos), pero no explicaba cómo las unía. El lenguaje no es solamente una cadena de palabras. Es precisamente la combinación de estas palabras en una cierta relación dinámica lo que hace del lenguaje un fenómeno tan rico, efectivo, flexible y complejo. Aquí, decididamente, el todo es mayor que la suma de las partes. Es una hazaña realmente increíble que un niño de dos años aprenda a utilizar las reglas gramaticales, y cualquier adulto que haya tratado de aprender una lengua extranjera estará de acuerdo.

Comparado con este crudo dogma mecanicista, las teorías de Piaget representan un gran paso adelante. Piaget explicó que el aprendizaje es natural en el niño. El trabajo del profesor es sacar a la luz esas tendencias que ya están presentes en la criatura. Además, Piaget planteó correctamente que el proceso de aprendizaje no es una línea recta, sino que está interrumpido por saltos cualitativos. Aunque los estadios originales de Piaget están sujetos a discusión, en general su punto de vista dialéctico era válido. Lo más valioso del trabajo de Piaget fue que presentó el desarrollo del niño como un proceso contradictorio, en el que cada estadio se basaba en el anterior, superándolo y conservándolo al mismo tiempo. La base genética proporciona un material elaborado que desde el primer momento entra en interacción dialéctica con el entorno. El niño recién nacido no es consciente, sino que actúa por instintos biológicos profundamente enraizados que exigen una satisfacción inmediata. Estos poderosos instintos animales no desaparecen, sino que permanecen en el sustrato inconsciente, por debajo de nuestras actividades.

Utilizando el lenguaje hegeliano, lo que aquí tenemos es la transición de *ser en sí* a *ser para sí*, de potencial a real; de un ser aislado, inconsciente e incapaz, un juguete de las fuerzas naturales, a un ser humano consciente. El movimiento hacia la autoconsciencia, como Piaget explica, es una lucha que pasa por diferentes fases. El recién nacido no distingue entre sí mismo y lo que le rodea. Sólo lentamente empieza a ser consciente de la diferencia entre *sí mismo* y el mundo externo. "El período que va del nacimiento a la adquisición del lenguaje", escribe Piaget, "está marcado por un desarrollo mental extraordinario". En otro pasaje describe los primeros dieciocho meses de vida como "una revolución copernicana en pequeña escala"[199]. La clave de este proceso es el gradual despertar a la consciencia de la relación entre el sujeto (él mismo) y el objeto (la realidad) que hay que entender.

Vigotsky y Piaget

El primero, y el mejor, de los críticos de Piaget fue Vigotsky, el pedagogo soviético que en el decenio 1924-34 elaboró una alternativa consistente a las ideas de Piaget. Desgraciadamente las ideas de Vigotsky sólo se publicaron en la Unión Soviética después de la muerte de Stalin, y fue conocido en Occidente en los años 50 y 60, ejerciendo una poderosa influencia, por ejemplo sobre Jerome Bruner. Hoy en día es ampliamente aceptado por los pedagogos.

Vigotsky se adelantó a su tiempo explicando la importancia de los gestos en el desarrollo del niño. Esto ha sido recuperado más recientemente por los psicolingüistas, descifrando los orígenes del lenguaje. Bruner y otros han planteado el enorme impacto de los gestos en el desarrollo posterior del lenguaje en el niño. Mientras que Piaget puso más énfasis en el aspecto biológico del desarrollo del niño, Vigotsky se concentró más en la cultura, al igual que gente como Bruner. Las herramientas juegan un papel importante en la cultura, ya sean palos y piedras en los primeros homínidos, o lápices, gomas y libros en los niños del presente.

Investigaciones recientes han demostrado que los niños son más capaces en su estadio inicial de lo que pensó Piaget. Sus ideas sobre los niños muy pequeños parecen haber sido superadas, pero la mayor parte de sus investigaciones siguen siendo válidas. Proviniendo de la biología, era inevitable que pusiese mucho énfasis en este aspecto del desarrollo del niño. Vigotsky lo enfocó desde otro ángulo, aunque sin embargo hay puntos en común. Por ejemplo, en su estudio de los primeros años de la infancia, trata sobre el "pensamiento no lingüístico" tal y como Piaget lo subrayó en su consideración de la "actividad sensorial-motora", como utilizar un rastrillo para alcanzar otro juguete. Junto a esto podemos darnos cuenta de los sonidos incomprensibles del niño. Cuando los dos elementos se combinan, se produce un desarrollo explosivo del lenguaje. Por cada nueva

199. J. Piaget, *Seis estudios de psicología*, p. 19.

experiencia, el niño quiere saber su nombre. Aunque Vigotsky tomó otro camino, la ruta la había abierto Piaget.

"El proceso de crecimiento no es una progresión lineal de la incompetencia a la competencia: un niño recién nacido, para sobrevivir, necesita ser competente en ser un niño recién nacido, no en ser una versión reducida del adulto que será más adelante. El desarrollo no es sólo un proceso cuantitativo, sino que hay transformaciones de calidad: entre chupar y masticar comida sólida, por ejemplo, o entre comportamiento sensorial-motor y cognoscitivo"[200].

Sólo gradualmente, después de un largo período y a través de un proceso difícil de ajuste y aprendizaje, el niño deja de ser un paquete de sensaciones y apetitos ciegos, un objeto impotente, y se convierte en un agente libre, consciente y autodirigido. Esta lucha dolorosa para pasar de inconsciente a consciente, de la más absoluta dependencia del entorno a dominarlo, nos proporciona un llamativo paralelismo entre el desarrollo del niño individual y el de la especie humana. Por supuesto, sería incorrecto sacar la conclusión de que es una comparación exacta. Toda analogía tiene unos límites muy precisos. Pero es difícil resistirse a la conclusión de que, por lo menos en algunos aspectos, el paralelismo existe. De inferior a superior, de simple a complejo, de inconsciente a consciente; estas características son recurrentes en la evolución de la vida.

Los animales dependen más que los humanos de los sentidos y tienen un mejor oído, vista y olfato. Es interesante que la agudeza visual alcance su grado máximo al final de la infancia, y a partir de ahí va disminuyendo. Mientras, las funciones intelectuales más elevadas continúan desarrollándose toda la vida, hasta bien entrada la vejez. Recorrer la senda humana desde el nivel inconsciente hasta la auténtica consciencia es una de las tareas más fascinantes e importantes de la ciencia.

Al nacer, el niño sólo conoce reflejos. Pero eso no significa pasividad. Desde su nacimiento, la relación del niño con su entorno es *activa* y *práctica*. No piensa sólo con la cabeza, sino con todo su cuerpo. El desarrollo del cerebro y de la conciencia está relacionado con su actividad práctica. Uno de los primeros reflejos es chupar. Incluso aquí el proceso de aprender de la experiencia está presente. Piaget explica que el niño succiona mejor después de dos o tres semanas que al principio. Más tarde se produce un proceso de discriminación, en el que el niño empieza a reconocer las cosas. Todavía más adelante, el niño empieza a hacer las primeras generalizaciones no sólo en el pensamiento, sino también en la acción. No sólo succiona el pecho, también succiona el aire y después sus dedos. En castellano existe el dicho "No me chupo el dedo", que quiere decir "no soy tonto". De hecho, la habilidad de meterse un dedo en la boca es una tarea bastante difícil para un niño, y generalmente sólo aparece al cabo de dos meses y marca un importante paso adelante que demuestra un cierto grado de coordinación entre la mano y el cerebro.

---

200. J. Piaget, *op. cit*., p. 22.

Inmediatamente después del nacimiento, el niño tiene dificultad para centrar su atención en objetos concretos. Gradualmente es capaz de concentrarse en ellos y anticipar dónde están, de tal manera que puede mover su cabeza para poder verlos. Este desarrollo, analizado por Bruner, tiene lugar durante los dos o tres primeros meses e implica no solamente visión, sino también actividad: la orientación de los ojos, cabeza y cuerpo hacia el objeto de atención. Al mismo tiempo, la boca se convierte en el vínculo entre la visión y el movimiento. Gradualmente empieza el proceso guiado de alcanzar-coger-acercar, que siempre concluye llevándose la mano a la boca.

Para el niño recién nacido, el mundo es, en primer lugar y sobre todo, algo que hay que chupar. Más tarde es algo que hay que escuchar y mirar, y, cuando un grado suficiente de coordinación se lo permite, algo que hay que manipular. Esto no es todavía lo que llamamos conciencia, pero es su punto de partida. Se necesita un proceso de desarrollo muy prolongado para integrar todos estos elementos en *hábitos y percepciones organizativas*. Más adelante tenemos la succión sistemática de los dedos, el volver la cabeza en dirección a un sonido, seguir un objeto en movimiento con los ojos (indicando un nivel de generalización y anticipación). Cinco semanas más tarde, el niño sonríe y reconoce más a algunas personas que a otras, aunque esto no se puede interpretar como que el niño tiene la noción de persona, ni siquiera de objeto. Este es el estadio de percepción sensorial más elemental.

En sus relaciones con el mundo objetivo, el niño tiene dos posibilidades: o bien incorporar cosas (y gente) a sus actividades, y de esta manera *asimilar* el mundo material, o bien reajustar sus deseos subjetivos e impulsos al mundo externo, es decir *acomodarse a la realidad*. Desde una edad muy temprana, el niño intenta "asimilar" el mundo metiéndoselo en la boca. Más adelante aprende a ajustarse a la realidad externa, y gradualmente empieza a distinguir y percibir diferentes objetos y a recordarlos. A través de la experiencia adquiere la habilidad de llevar a cabo toda una serie de actividades, como alcanzar y coger cosas. La inteligencia lógica surge en primer lugar de operaciones concretas, de la *práctica*, y sólo mucho más adelante como deducciones abstractas.

Piaget identificó cuatro períodos en el desarrollo del niño. El primero de ellos, desde el nacimiento hasta los 2 años, es el *sensoriomotor*. Entre los 2 y los 7 años, el niño pasa por el período *preoperacional* y empieza a usar imágenes como símbolos para representar cosas reales, en paralelo con el desarrollo del lenguaje. Le sigue, de los 7 a los 12 años, el período de las *operaciones intelectuales concretas*, que incluye el desarrollo de la lógica y los sentimientos morales y sociales. Finalmente, desde los 12 años, inicia el período de las *operaciones intelectuales abstractas*: la formación de la personalidad y la integración intelectual y emocional en la sociedad adulta.

El período sensoriomotor está dividido a su vez en seis estadios. El primero de ellos es el de los *reflejos* o funciones innatas, incluidas tendencias instintivas primarias como la nutrición. La necesidad de obtener comida es un poderoso instinto

innato que controla los reflejos del recién nacido, una característica que los humanos comparten con todos los animales. El niño recién nacido, a falta de elementos de pensamiento superior, es sin embargo un materialista natural que expresa su firme creencia en la existencia del mundo físico de la misma manera que todos los animales: comiéndoselo. Fue necesario un gran refinamiento intelectual antes de que algunos filósofos sabiondos convencieran a la gente de que no podían decir realmente si el mundo material existe o no. El niño resuelve esta cuestión filosófica, supuestamente profunda y complicada, de la única manera posible: *a través de la práctica*. Precisamente la práctica y la interacción de tendencias innatas genéticamente condicionadas son la clave del desarrollo mental del niño.

El segundo estadio es el de los *hábitos motores primarios*, acompañados por las primeras percepciones organizadas y sentimientos diferenciados primarios. El tercero es el de la *inteligencia sensoriomotriz o práctica propiamente dicha*, que es anterior al habla. Después viene el de la *inteligencia intuitiva*, que implica relaciones espontáneas entre individuos, especialmente la sumisión a los adultos. El último estadio es el de *invención de nuevos medios mediante combinaciones mentales*, en el que ya existe una representación mental del mundo exterior.

El progreso humano está estrechamente vinculado al desarrollo del pensamiento, en particular a la ciencia y la tecnología. El pensamiento racional y abstracto no surge tan fácilmente. Incluso hoy en día las mentes de mucha gente se rebelan contra el pensamiento que va más allá del mundo familiar de lo concreto. Esta capacidad aparece bastante tarde en el desarrollo mental del niño. Lo podemos ver en sus dibujos, que representan *lo que el niño realmente ve* y no lo que *debería ver* según las leyes de la perspectiva y demás. La lógica, la ética, la moral, todo esto tiene una aparición tardía en el desarrollo intelectual del niño. En el primer período, cada acción, cada movimiento, cada pensamiento es producto de la necesidad. El libre albedrío no tiene nada que ver con las actividades mentales de la infancia. Incluso en el niño más pequeño, el hambre y la fatiga llevan al deseo de comer y dormir.

La capacidad de pensamiento abstracto, incluso en su nivel más primitivo, convierte al sujeto en dueño de los acontecimientos más distantes, tanto en el espacio como en el tiempo. Esto es tan cierto para el niño como lo fue para los primeros humanos. Nuestros primeros antepasados no distinguían claramente entre ellos mismos y otros animales o la naturaleza inanimada. De hecho, todavía no habían salido plenamente del reino animal y se encontraban a merced de las fuerzas de la naturaleza. Parece ser que existen elementos de autoconsciencia en los chimpancés, nuestros parientes más cercanos, pero no en los monos. Pero sólo en los humanos el potencial de pensamiento abstracto alcanza su plena expresión. Esto está vinculado muy estrechamente al lenguaje, una de las características distintivas fundamentales del género humano.

El neocórtex, que representa el 80% del cerebro humano, es el responsable de las relaciones de grupo y está relacionado con el pensamiento. Existe una estrecha relación entre vida social, pensamiento y lenguaje. El carácter egocéntrico del

recién nacido deja paso gradualmente a la comprensión de que existe un mundo externo, gente y sociedad, con sus propias leyes, exigencias y restricciones. Bastante tarde, entre tres y seis meses según Piaget, empieza la fase de coger cosas, que en un primer momento implica presión y después manipulación. Es un paso decisivo que comporta la multiplicación de los poderes del niño y la formación de nuevos hábitos. Después de esto, el crecimiento se acelera. Piaget resalta el carácter dialéctico de este proceso:

"El punto de partida es siempre un ciclo reflejo, pero un ciclo cuyo ejercicio, en lugar de repetirse a sí mismo sin más, incorpora nuevos elementos y constituye con ellos totalidades más ampliamente organizadas, gracias a diferenciaciones progresivas". Así, el desarrollo del niño no es una línea recta ni un círculo cerrado, sino una espiral en la que largos períodos de cambio lento son interrumpidos por saltos adelante repentinos, y cada etapa implica un avance cualitativo.

El carácter exacto y la delimitación de estos "estadios" son discutibles, pero su sentido general sigue siendo válido. La inteligencia está estrechamente vinculada a la manipulación de objetos. El desarrollo del cerebro está directamente vinculado a la mano. Como Piaget dice: "Pero se trata de una inteligencia exclusivamente práctica, que se aplica a la manipulación de los objetos y que no utiliza, en el lugar de las palabras y los conceptos, más que percepciones y movimientos organizados en 'esquemas de acción"[201]. Podemos ver cómo la base de todo conocimiento humano es la experiencia, la actividad y la práctica. Las manos especialmente juegan un papel decisivo.

El surgimiento del lenguaje

Antes de que se desarrolle el lenguaje como tal, el niño utiliza todo tipo de señales, miradas, gritos y gestos para exteriorizar sus deseos. De la misma manera, está claro que antes de que los primeros homínidos pudieran hablar tuvieron que haber utilizado otros medios para hacerse señales. Los rudimentos de este tipo de comunicación existen en otros animales, especialmente los primates superiores, pero sólo los humanos pueden hablar. La larga lucha del niño para dominar el habla, con sus complejos modelos y lógica subterráneos, es sinónimo de la adquisición de conciencia. Los primeros humanos tuvieron que haber pasado por un camino similar.

La garganta del niño, como la de los simios y otros mamíferos, está construida de tal manera que el pasillo vocal está bajo, por lo que es capaz de emitir gritos, pero no articular palabras. La ventaja es que puede gritar y comer al mismo tiempo, sin atragantarse. Más adelante, el pasillo vocal se traslada más arriba, reflejando un proceso que en realidad se produjo en el curso de la evolución. Es impensable que el habla humana haya aparecido de golpe y porrazo sin pasar por

201. J. Piaget. *op. cit*., p. 22.

toda una serie de formas transitorias. Esto tuvo lugar en un proceso de millones de años en el que indudablemente hubo períodos de desarrollo rápido, como vemos en el desarrollo del niño.

¿Puede existir el pensamiento sin el lenguaje? Esto depende de lo que entendamos por "pensamiento". Los *elementos* del pensamiento existen en algunos animales, especialmente los mamíferos superiores, que también poseen ciertos medios para comunicarse. Entre los chimpancés, el nivel de comunicación es bastante sofisticado. Pero en ninguno de ellos podemos hablar de lenguaje o de pensamiento ni remotamente cercanos a los humanos. Lo superior se desarrolla a partir de lo inferior, y no podría existir sin ello. El habla humana se origina en los sonidos incoherentes del bebé, pero sería absurdo identificar ambos. De la misma manera, es erróneo tratar de demostrar que el lenguaje existió antes que los humanos.

Lo mismo se aplica al pensamiento. Utilizar un palo para alcanzar un objeto que está fuera del alcance es un acto de inteligencia, pero aparece bastante tarde en el desarrollo del niño (hacia los 18 meses). Implica la utilización de una herramienta (palo) en un movimiento coordinado para realizar un objetivo previamente establecido. Es una acción deliberada y planificada. Este tipo de actividad se puede ver entre chimpancés e incluso monos. La utilización de objetos que se encuentren a mano (palos, piedras, etc.) como auxilio en las actividades de recolección de alimentos está bien documentada. A los 12 meses, el niño ha aprendido a experimentar, arrojando un objeto en diferentes direcciones para ver qué pasa.

Esta es una actividad repetida con una intención, diseñada para obtener resultados. Implica ser consciente de la relación *causa-efecto* (si hago esto, pasará aquello). Ninguno de estos conocimientos es innato. Se aprenden a través de la experiencia. El niño tarda 12-18 meses en comprender la noción de causa y efecto, ¡un precioso bagaje intelectual! A los primeros humanos les tuvo que llevar millones de años aprender la misma lección, cimiento de todo pensamiento racional y de toda acción con un objetivo. Lo más absurdo del caso es que, en un momento en que nuestro conocimiento de la naturaleza ha alcanzado un grado tan alto, algunos científicos y filósofos nos quieran hacer volver atrás, a lo que realmente es un estadio primitivo e infantil, negando la existencia de la causalidad.

En los primeros dos años de vida se produce una revolución intelectual en la que se forman las nociones de espacio, causalidad y tiempo, no del aire, como Kant imaginaba, sino como resultado directo de la práctica y la experiencia del mundo físico. Todo el conocimiento humano, todas las categorías del pensamiento, incluso las más abstractas, se derivan de esto. Esta concepción materialista está claramente demostrada por el desarrollo del niño. En un primer momento, el niño no distingue entre la realidad y sí mismo. Pero, llegado a cierto punto, se da cuenta de que lo que ve es algo que sucede fuera de él, algo que seguirá existiendo todavía cuando ya no lo vea. Esta es la gran revolución co-

pernicana del intelecto. Aquellos filósofos que aseguran que el mundo material no existe o que no se puede demostrar su existencia están expresando, en el sentido literal de la palabra, una idea *infantil*.

El llanto del niño cuando su madre se va de la habitación expresa una comprensión de que no ha desaparecido simplemente porque ya no esté dentro de su campo de visión. Llora con la certeza de que eso hará que vuelva. Hasta el primer año de vida, el niño cree que lo que está fuera de su vista ha dejado de existir. Al final del segundo año ya puede reconocer causa y efecto. De la misma manera que no existe una muralla china que separe el pensamiento de la acción, no hay una línea divisoria absoluta entre la vida intelectual del niño y su desarrollo emocional. Los sentimientos y los pensamientos son inseparables. Constituyen los dos aspectos complementarios del comportamiento humano. Todo el mundo sabe que no se logra una gran empresa sin un elemento de voluntad. Pero, en un estadio inicial, el desarrollo intelectual del niño está indisolublemente ligado a la actividad. En la medida en que surge el comportamiento inteligente, los estados emocionales de la mente se asocian a acciones; la alegría o la tristeza dependen del éxito o el fracaso de acciones intencionadas.

El surgimiento del lenguaje representa una modificación profunda en el comportamiento y experiencia del individuo, tanto desde el punto de vista intelectual como emocional. Es un salto cualitativo. La posesión del lenguaje crea, citando a Piaget, "la capacidad de reconstruir sus acciones pasadas en forma de narración y anticipar sus acciones futuras a través de representaciones verbales". Con el lenguaje, el pasado y el futuro se hacen reales para nosotros. Podemos elevarnos por encima de las restricciones del presente y planificar, predecir e intervenir según un plan consciente.

El lenguaje es el producto de la vida social. La actividad social humana es inconcebible sin el lenguaje. Tiene que haber estado presente de una forma u otra en las primeras sociedades humanas auténticas. El pensamiento mismo es una especie de "lenguaje interno". Con el lenguaje surge la posibilidad de comunicaciones sociales humanas reales, la creación de una cultura y una tradición que se pueden aprender y transmitir oralmente, y más tarde por escrito, en contraposición a la simple imitación. También hace posible las auténticas relaciones humanas, en las que se pueden expresar los sentimientos de antipatía, simpatía, amor y respeto de una manera más coherente y desarrollada. Estos elementos están presentes de una forma embrionaria en los primeros seis meses, en forma de imitación. Las primeras palabras que se pronuncian son generalmente sustantivos aislados. Después, el niño aprende a unir dos palabras. Los sustantivos se van conectando con verbos y adjetivos y finalmente alcanza el dominio de la sintaxis y la gramática, que implican patrones extremadamente complejos de pensamiento lógico. Es un enorme paso adelante cualitativo para cada individuo, al igual que lo fue para la especie.

Se puede decir que los niños muy pequeños tienen un lenguaje "privado" que no es un lenguaje en el auténtico sentido de la palabra, sino sólo sonidos que re-

presentan experimentos e intentos de imitar el habla adulta. El habla articulada se desarrolla a partir de estos sonidos, pero no hay que confundir los unos con la otra. El lenguaje, por su propia naturaleza, no es privado, sino social. Es inseparable de la vida social y la actividad colectiva, empezando por la cooperación en la producción, que es la base de toda forma de vida social desde los tiempos más remotos. El lenguaje representa un enorme avance. Una vez que este proceso empezó, tuvo que acelerar enormemente el desarrollo de la conciencia. Esto también se puede ver en el desarrollo del niño.

El lenguaje representa los inicios de la socialización de la actividad humana. Antes de eso, los primeros prehumanos se comunicaban por otros medios: gritos, lenguaje corporal y otros gestos. De hecho continuamos haciéndolo, especialmente en momentos de gran tensión o emoción. Pero las limitaciones de este tipo de "lenguaje" son evidentes: sólo puede referirse a situaciones inmediatas. El nivel de complejidad y pensamiento abstracto necesario para la sociedad humana más primitiva basada en la producción cooperativa no se puede expresar con él. Sólo a través del lenguaje es posible escapar del presente inmediato, recordar el pasado y prever el futuro, y establecer una forma de comunicación auténticamente humana con los demás, compartir nuestra "vida interior" con ellos. Los ingleses se refieren a los "animales mudos" para distinguirlos de los humanos, que son los únicos animales que poseen habla.

SOCIALIZACIÓN DEL PENSAMIENTO

A través del lenguaje, el niño se inicia en la riqueza de la cultura humana. Mientras que en otros animales predomina la herencia genética, en la sociedad humana lo decisivo es la cultura. El niño tiene que pasar por un largo período de aprendizaje en el que está totalmente subordinado a los adultos, especialmente sus padres, que principalmente a través del lenguaje le inician en los misterios de la vida, la sociedad y el mundo. El niño se enfrenta a un modelo acabado a copiar e imitar. Más adelante esto se amplía para incluir a otros adultos y niños, especialmente a través del juego. El proceso de socialización no es fácil ni automático, pero es la base de todo el desarrollo moral e intelectual. Todos los padres se habrán dado cuenta de cómo los niños pequeños son capaces de encerrarse en su propio mundo y mantener felizmente una "conversación" consigo mismos durante largos ratos al tiempo que juegan solos. El desarrollo del niño esta íntimamente vinculado al proceso de romper con este estado inicial de egocentrismo y relacionarse con los demás y con la realidad exterior.

En el esquema inicial de Piaget, el período de los dos a los siete años marca la transición de la fase simplemente *práctica* (sensorial-motora) de la inteligencia al pensamiento propiamente dicho. Este proceso se caracteriza por todo tipo de formas transitorias entre ambas fases. Se revela por ejemplo en el juego. De los siete a los doce años aparecen los juegos con reglas, que implican objetivos comu-

nes, en contraposición a jugar con muñecos, por ejemplo, que es muy individual. La lógica de la primera infancia se puede describir como *intuición*, que sigue estando presente en los adultos pero a un nivel mucho menor (lo que Engels denominó pensamiento "inmediato"). En un estadio posterior, bien conocido por los padres, los niños empiezan a preguntar "¿por qué?". Esta curiosidad ingenua es el inicio del pensamiento racional; el niño ya no quiere tomar las cosas tal y como son, sino que intenta encontrar una explicación racional. Se da cuenta de que todas las cosas tienen una causa e intenta comprenderla. No está satisfecho con el mero hecho de que "B" sucede *después* de "A". Quiere saber por qué ha sucedido. También aquí el niño de entre tres y siete años demuestra ser más sabio que algunos filósofos modernos.

La intuición, que siempre ha ido unida a una cierta aureola poética y mágica, es de hecho la forma más inferior de pensamiento, característica de los niños muy pequeños y de la gente con un bajo nivel cultural. Consiste en impresiones inmediatas de los sentidos, que nos hacen reaccionar "espontáneamente", es decir, sin pensar, en una circunstancia concreta. Los rigores de la lógica y del pensamiento consistente no entran en juego. Este tipo de intuiciones a veces pueden tener un éxito espectacular. En estos casos, el carácter aparentemente espontáneo de estas inspiraciones nos crea la ilusión de algo misterioso que viene "de dentro" o de una inspiración divina. De hecho, la intuición no viene de las oscuras profundidades del alma, sino de la *interiorización de la experiencia*, que no se obtiene de una manera científica sino en forma de imágenes.

Una persona con considerable experiencia en la vida a menudo puede, con muy poca información, llegar a conclusiones precisas en una situación complicada. De manera similar, un cazador tiene casi un "sexto sentido" sobre los animales que está persiguiendo. En el caso de mentes realmente prodigiosas, se considera que los momentos de inspiración representan una cualidad de genio. En todos estos casos, lo que parece ser una idea espontánea es de hecho la esencia destilada de años de experiencia y reflexión. Sin embargo, mucho más a menudo, la intuición nos lleva a una forma de pensamiento muy insatisfactoria, superficial y distorsionada. En el caso de los niños, la intuición marca la fase inmadura y primitiva del pensamiento, antes de ser capaz de razonar, definir y juzgar. Es tan inadecuada que normalmente los adultos, que hace tiempo que dejaron atrás esa fase, la consideran cómica. Ni que decir tiene que no hay en ella nada místico.

En los primeros estadios de la vida, el niño no distingue entre sí mismo y su entorno físico. Sólo gradualmente, como hemos visto, empieza a distinguir entre el sujeto ("yo") y el objeto (el mundo material). Mediante la manipulación de objetos y otras operaciones físicas empieza a comprender en la práctica la relación real entre él y el entorno. Se rompe la unidad primitiva y surge una multiplicidad de visiones, sonidos y objetos confusos. Sólo más adelante el niño empieza a entender las conexiones entre las cosas. Algunos experimentos han demostrado que el niño está más avanzado en sus actos que en sus palabras.

No hay nada parecido a un "acto puramente intelectual". Esto es especialmente claro en el caso de los niños pequeños. Generalmente se contrapone la *cabeza* al *corazón*. También ésta es una oposición falsa. Las emociones juegan un papel en la solución de problemas intelectuales. Los científicos se emocionan si consiguen resolver las más inextricables ecuaciones. Diferentes escuelas de pensamiento chocan acaloradamente sobre problemas de filosofía, arte, etc. Por otro lado, no existen actos puros de afecto. El amor, por ejemplo, presupone un alto nivel de comprensión entre dos personas. Tanto el intelecto como las emociones juegan un papel. El uno presupone las otras y viceversa, e intervienen y se condicionan mutuamente en uno u otro grado.

A medida que avanza y se desarrolla el nivel de socialización, el niño se hace más consciente de la necesidad de lo que Piaget llamó sentimientos interpersonales, las relaciones emocionales entre la gente. Aquí vemos un vínculo social que implica elementos contradictorios de repulsión y atracción. El niño aprende esto en primer lugar en relación con sus padres y su familia, y después forma vínculos estrechos con grupos sociales más amplios. Se desarrollan sentimientos de simpatía y antipatía, vinculados a la socialización de las acciones, y aparecen los sentimientos morales: bueno y malo, correcto e incorrecto, que significan mucho más que "me gusta o no me gusta". No son criterios subjetivos, sino objetivos, derivados de la sociedad.

Estos poderosos vínculos son una parte importante de la evolución de la sociedad humana, que desde su inicio se basó en la producción social cooperativa y la dependencia mutua. Sin esto la humanidad nunca se hubiera elevado del reino animal. La moral y la tradición se aprenden a través del lenguaje y se transmiten de generación en generación. Comparado con esto, el factor de la herencia biológica es bastante secundario, aunque sigue siendo la materia prima con la que se construye la humanidad.

Con el inicio de la escolarización propiamente dicha, más o menos a los siete años, el niño empieza a desarrollar un fuerte sentido de la socialización y la cooperación. Esto se puede ver en los juegos con reglas (incluso las canicas requieren un conocimiento y aceptación de reglas bastante complicadas). Al igual que las reglas éticas y las leyes de la sociedad, tienen que ser aceptadas por todos para que sean viables. Un conocimiento de las reglas y de cómo aplicarlas va de la mano con la comprensión de algo tan complicado como la estructura gramatical y sintáctica del lenguaje.

Piaget hace la importante observación de que "todo el comportamiento humano es al mismo tiempo social e individual". Aquí vemos un claro ejemplo de la unidad y lucha de contrarios. Es totalmente falso contraponer el pensar al ser, o el individuo a la sociedad. Son inseparables. En la relación entre *sujeto* y *objeto*, entre individuo y entorno (sociedad), el factor que hace de mediador es la *actividad humana práctica* (el trabajo). La comunicación del pensamiento es el lenguaje (reflexión exteriorizada). Por otra parte, el pensamiento en sí mismo es comunicación social interiorizada. A los siete años de edad, el niño empieza a

comprender la lógica, que consiste precisamente en un sistema de relaciones que permite coordinar los puntos de vista.

En un pasaje brillante, Piaget compara este estadio con el primer estadio del desarrollo de la filosofía griega, cuando los materialistas jónicos se separaron de la mitología para poder llegar a una comprensión racional del mundo: "Es sorprendente observar que entre las primeras [nuevas formas de explicación del universo] que aparecen, hay algunas que presentan un notable parecido con aquellas dadas por los griegos precisamente en la época de declive de las explicaciones mitológicas propiamente dichas".

Aquí se puede ver que las formas del pensamiento del niño en su desarrollo temprano poseen cierto paralelismo con la evolución del pensamiento humano. Los primeros estadios recuerdan el *animismo* primitivo: el niño piensa que el Sol brilla porque nació. Más adelante se imagina que las nubes vienen del humo o del aire, que las piedras están hechas de tierra, etc. Esto se asemeja a la interpretación antigua de la naturaleza de la materia como diferentes combinaciones de agua, aire, tierra y fuego, cuya enorme importancia radicó en intentar explicar el universo en términos científicos materialistas, más que en términos religiosos o mágicos. El niño de siete años empieza a comprender la naturaleza del tiempo, el espacio, la velocidad, etc. Sin embargo, esto lleva su tiempo. Al contrario de la opinión de Kant de que las nociones de tiempo y espacio son innatas, el niño no puede comprender este tipo de ideas abstractas hasta que se demuestran experimentalmente. *De esta manera, mediante el estudio de los procesos de desarrollo del pensamiento humano, se demuestra la falsedad del idealismo*.

14. Marxismo y darwinismo

El gradualismo de Darwin

> *A veces se dice que el punto de vista de la dialéctica es idéntico al de la evolución. No hay duda de que estos dos métodos tienen puntos en común. Sin embargo, entre ellos hay una diferencia profunda e importante que, hay que decir, está lejos de ser favorable a las enseñanzas de la evolución. Los evolucionistas modernos han introducido una dosis considerable de conservadurismo en sus enseñanzas. Quieren demostrar que no hay saltos ni en la naturaleza ni en la historia. La dialéctica, por otra parte, es consciente de que tanto en la naturaleza como en la historia los saltos son inevitables. Pero no pasa por alto el hecho innegable de que en todas las fases del cambio existe el mismo proceso ininterrumpido. Sólo intenta dejar claras por sí mismas la serie de condiciones en las que el cambio gradual lleva necesariamente a un salto*[202].
>
> Plejánov

Darwin consideraba la evolución como un proceso gradual de pasos ordenados a velocidad constante. Se adhería a la máxima de Linneo: "La naturaleza no da saltos". Esta concepción se reflejaba en todos los aspectos del mundo científico. Uno de los discípulos de Darwin fue Charles Lyell, el apóstol del gradualismo en el terreno geológico. Darwin estaba tan comprometido con el gradualismo que basó en él toda su teoría: "El registro fósil es extremadamente imperfecto, y esto explica en gran medida que no encontremos interminables variedades, vinculando y uniendo todas las formas de vida existentes y extinguidas en escalones graduales. El que rechace esta visión del carácter del registro fósil estará rechazan-

202. J. Plejánov, *Selected Works*, vol. 1, p. 480.

do toda mi teoría". Este gradualismo darwiniano estaba enraizado en los puntos de vista filosóficos de la sociedad victoriana. Todos los saltos, cambios abruptos y transformaciones revolucionarias quedaban eliminadas de esta 'evolución'. Esta visión antidialéctica ha dominado la mayoría de las ciencias hasta el presente. "Un prejuicio profundamente enraizado en el pensamiento occidental nos predispone a buscar continuidad y cambio gradual", dice Gould.

Sin embargo, estos enfoques también han provocado una acalorada polémica. El registro fósil conocido actualmente está lleno de saltos. Revela tendencias a largo plazo, pero también son muy desiguales. Darwin pensaba que estas desigualdades se debían a lagunas en el registro. Una vez que se descubriesen las piezas perdidas, se revelaría una evolución gradual y suave del mundo natural. Los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould, en contra del enfoque gradualista, han planteado una teoría de la evolución llamada del *equilibrio puntuado*, sugiriendo que el registro fósil no es tan incompleto como se pensaba. Los saltos podrían reflejar lo que realmente sucedió. Esta evolución funciona con saltos, intercalados con largos períodos de desarrollo gradual y estacionario.

"La historia de la vida no es un continuo desarrollo, sino un registro interrumpido por episodios breves, a veces geológicamente instantáneos, de extinciones masivas y la subsiguiente diversificación", dice Gould. Más que en una transición gradual, "los animales multicelulares modernos aparecen por primera vez de forma clara en el registro fósil hace unos 570 millones de años —y con una explosión, no en un *crescendo* prolongado—. Esta 'explosión cámbrica' marca la aparición (por lo menos en la evidencia directa) de prácticamente todos los grupos importantes de animales modernos, y todo en el minúsculo lapso de tiempo, geológicamente hablando, de unos pocos millones de años"[203].

Gould también insiste en que las fronteras del tiempo geológico coinciden con los puntos de inflexión en la evolución de la vida. Esta concepción de la evolución se acerca mucho al enfoque marxista. La evolución no es un movimiento gradual y suave de lo inferior a lo superior, se produce a través de revoluciones y transformaciones. Hace más de un siglo, el marxista ruso Jorge Plejánov polemizó con la concepción gradual de la evolución:

"La filosofía idealista alemana", resaltó, "se revolvió decisivamente contra tal concepción contrahecha de la evolución. Hegel la ridiculizó mordazmente y demostró irrefutablemente que tanto en la naturaleza como en la sociedad humana los *saltos* constituían un estadio tan esencial de la evolución como los cambios cuantitativos graduales. 'Cambios en el ser', dice, 'consisten no sólo en que una cantidad se convierta en otra cantidad, sino también que la cantidad se convierta en calidad, y viceversa. Cada transición de este último tipo representa una *interrupción en la gradualidad*, y da al fenómeno un nuevo aspecto, cualitativamente distinto del anterior"[204].

---

203. S. J. Gould, *Wonderful Life*, pp. 64 y 24.

204. J. Plejánov, *The Development of the Materialist View of History*, pp. 96-97.

Evolución y *revolución* son dos caras de la misma moneda. Al rechazar el gradualismo, Gould y Eldredge han buscado una explicación alternativa de la evolución y han sido influidos por el materialismo dialéctico. El artículo de Gould sobre el equilibrio *puntuado* ("interrumpido") traza paralelismos con la concepción materialista de la historia. La teoría de la selección natural es una buena explicación de cómo las especies mejoraron la forma en que hacían lo que ya hacían, pero es insatisfactoria a la hora de explicar la formación de nuevas especies. El registro fósil muestra seis importantes extinciones masivas que tuvieron lugar al principio y al final del Cámbrico (hace 600 y 500 millones de años respectivamente), y al final del Devónico (hace 350 millones de años), del Pérmico (250 millones), del Triásico (200 millones) y del Cretácico (65 millones). Para explicar estos sucesos se necesita un método totalmente nuevo.

La evolución de nuevas especies viene dada por la evolución de la composición genética que permite a los miembros de las mismas reproducirse entre sí, pero no con los de otras especies. Las nuevas especies, tal y como explicó Darwin, surgen de la ramificación de una cepa original. Rastreando el árbol de la vida se puede encontrar un antepasado común a varias especies del presente. Los chimpancés y los humanos son especies diferentes, pero tienen un ancestro común. El cambio de una especie a otra se da de forma rápida entre dos especies estables. No en una o dos generaciones, sino posiblemente durante cientos de miles de años. Como comenta Gould: "Esto puede parecer un período de tiempo largo comparado con nuestras vidas, pero es un instante geológico (...) Si las especies surgen en cientos o miles de años y entonces persisten, en gran medida inmutables, durante millones de anos, el período de su origen es una fracción minúscula de un uno por ciento de su duración total".

La clave de este cambio reside en la separación geográfica, el aislamiento de una pequeña población en la periferia de la población principal. Esta forma de evolución de una especie, llamada *especiación alopátrica*, permite un proceso rápido. Tan pronto como una especie ancestral se separa, el intercambio reproductor se detiene. Cualquier cambio genético se produce por separado. Sin embargo, en la población más reducida las variaciones genéticas se pueden extender muy rápidamente en comparación con el grupo principal. Esto se puede producir por selección natural, provocada por cambios climáticos o geográficos. En la medida en que dos poblaciones se separan, llega un punto en que dan lugar a dos nuevas especies. Los cambios cuantitativos dan paso a una transformación cualitativa. Si en el futuro se vuelven a encontrar, serán tan divergentes genéticamente que no podrán reproducirse, o su descendencia será estéril o enfermiza. Incluso se puede llegar a dar el caso de que especies con el mismo modo de vida se vean obligadas a competir, llevando posiblemente a la desaparición de la menos adaptada.

Como Engels comentó: "Los procesos orgánicos de desarrollo, tanto del individuo como de la especie, por diferenciación, son la prueba más notable de la dialéctica racional. (...) Cuanto más se desarrolla la fisiología, más importante para ella se vuelven estos cambios incesantes, infinitamente pequeños, y en consecuen-

cia, más importante también la consideración de la diferencia *dentro* de la identidad, y el viejo punto de vista abstracto de la identidad formal, de que un ser orgánico debe ser tratado como algo sencillamente idéntico a sí, como algo constante, queda fuera de moda". Engels concluye: "Si *allí* sobreviven los individuos que se han adaptado, y se desarrollan para convertirse en una nueva especie, por una adaptación en continuo aumento, en tanto que los otros individuos más estables mueren y por último se extinguen, y con ellos las etapas intermedias e imperfectas, entonces ello puede y debe ocurrir *sin maltusianismo*, y si este último existe, no provoca cambio alguno en el proceso, y cuando mucho puede acelerarlo"[205].

Gould plantea correctamente que el equilibrio *puntuado* no está en contradicción con la selección natural (el principio fundamental del darwinismo), sino que, por el contrario, la enriquece y refuerza. Richard Dawkins, en su libro *El relojero ciego*, intenta menospreciar el reconocimiento que hacen Gould y Eldredge del cambio dialéctico en la naturaleza. Él ve poca diferencia entre el "auténtico" gradualismo darwiniano y el equilibro *puntuado*. Llega a la conclusión de que "la teoría del equilibrio *puntuado* es una teoría gradualista, aunque hace énfasis en largos períodos de intermedios estáticos entre explosiones relativamente cortas de evolución gradual. Gould se ha llevado a engaño a sí mismo por su propio énfasis retórico". Para acabar afirmando, "en realidad todos son 'gradualistas".

Dawkins critica a los defensores del equilibrio *puntuado* por atacar y malinterpretar a Darwin. Afirma que tenemos que ver el gradualismo de Darwin dentro de su contexto, como un ataque al creacionismo. "Los *puntuacionistas*, por lo tanto, son realmente tan gradualistas como Darwin o cualquier otro darwiniano; sólo que ellos insertan largos períodos estáticos entre arranques repentinos de evolución gradual". Pero ésta no es una diferencia secundaria, es el meollo de la cuestión. Criticar los puntos débiles de Darwin no significa infravalorar su contribución única, sino sintetizarla con una comprensión del cambio real. Sólo entonces se puede completar la contribución histórica de Darwin a la explicación de la evolución natural. Como Gould dice correctamente: "La teoría moderna de la evolución no necesita el cambio gradual. De hecho, el funcionamiento de los procesos darwinianos tiene que encajar con lo que observamos en el registro fósil. Lo que debemos rechazar es el gradualismo, no el darwinismo"[206].

¿FALTA DE PROGRESO?

Lo fundamental del argumento de Gould es indudablemente cierto. Pero su idea de que la evolución no sigue un camino inherentemente progresista es más problemática:

205. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 164, 174, 243.
206. S. J. Gould, *The Panda's Thumb*, p. 151.

"La diversidad cada vez mayor y las múltiples transiciones parecen reflejar una progresión determinada e inexorable hacia cosas superiores", dice Gould. "Pero el registro paleontológico no apoya una interpretación de este tipo. No ha existido un progreso constante en el desarrollo superior del diseño orgánico. Entre los dos primeros tercios y las cinco sextas partes de la historia de la vida, la Tierra fue habitada únicamente por *moneras*, y no detectamos ningún progreso constante de procariotas 'inferiores' a 'superiores'. De igual manera, no ha habido ningún añadido a los diseños básicos desde que la explosión llenó nuestra biosfera (aunque se podría plantear que ha habido una mejora limitada *dentro* de unos pocos diseños, vertebrados y plantas vasculares por ejemplo)"[207].

Gould plantea, especialmente en su libro *La vida maravillosa*, que el número de filos era mayor poco después de la explosión cámbrica que actualmente, que no ha aumentado la diversidad, que no hay tendencias a largo plazo en la evolución y que la evolución de la vida inteligente es accidental.

A este respecto, la crítica que le hace Eric Lerner a Gould nos parece acertada:

"No solamente existe una gran diferencia entre las contingencias que provocan la evolución de una especie en concreto y una tendencia a largo plazo en la evolución, como hacia una mayor adaptabilidad o inteligencia, sino que la tesis de Gould se basa en hechos que son un ejemplo ¡justamente de esa tendencia! A lo largo del tiempo, la evolución ha tendido a concentrarse más y más en modos específicos de desarrollo. Casi todos los elementos químicos ya existían hace diez mil millones de años o más. Los tipos de compuestos virales para la vida (ADN, ARN, proteínas, etc.) estaban todos presentes sobre la Tierra hace unos cuatro mil millones de años. Los principales reinos de la vida (animales, vegetales, hongos y bacterias) han existido durante dos mil millones de años; en ese tiempo no han aparecido otros. Como demuestra Gould, los principales filos han existido durante seiscientos millones de años y los órdenes principales [grupo taxonómico inferior], durante unos cuatrocientos millones.

"En la medida en que la evolución se ha acelerado, se ha hecho más y más específica, y la Tierra se ha transformado por la evolución social de una sola especie, la nuestra. Esta es exactamente la tendencia a largo plazo que Gould, a pesar de su contribución importante a la teoría evolutiva, está ideológicamente empeñado en ignorar. Y sin embargo existe, al igual que la tendencia hacia la inteligencia"[208].

Una prueba del carácter progresista de la evolución es que provocó una mayor complejidad, de organismos inferiores a superiores, conduciendo, hasta el momento, a seres humanos con cerebros capaces de realizar las tareas más complejas. Esto no quiere decir que la evolución tenga lugar en una línea recta ascendente, como Gould acepta; hay rupturas, regresiones y pausas dentro del progreso general de la evolución. Aunque la selección natural se produce en respuesta a

207. S. J. Gould, *Ever Since Darwin*, p. 118.
208. E. J. Lerner, *op. cit.*, p. 402.

cambios medioambientales incluso de carácter local, sin embargo ha llevado a una mayor complejidad de formas de vida. Algunas especies se adaptaron a su medio ambiente y llevan existiendo millones de años. Otras se extinguieron al perder la carrera competitiva frente a especies mejor adaptadas. Esta es la evidencia de la evolución de la vida en los últimos 3.500 millones de años.

Gould rechaza con tanto énfasis la noción de progreso en la evolución más por razones sociales y políticas que por razones estrictamente científicas. Sabe que la idea de progreso evolutivo y "especies superiores" ha sido utilizada sistemáticamente en el pasado para justificar el imperialismo y el racismo; se suponía que la supuesta superioridad del hombre blanco le daba derecho a las naciones europeas a apropiarse de las tierras y riquezas de "razas inferiores" en África y Asia. Incluso en los años 40, respetables hombres de ciencia seguían publicando "árboles evolutivos" en los que se mostraba al hombre blanco en la cima, con los negros y otras razas en ramas separadas e inferiores, un poco más arriba de los chimpancés y gorilas. Cuando se le pregunta si rechaza la noción de progreso evolutivo por nociva, Gould responde:

"El progreso no es intrínseca y lógicamente nocivo', replicó. 'Es nocivo en el contexto de las tradiciones culturales occidentales'. Con raíces que se remontan al siglo XVII, el progreso como una ética social central llegó a su punto culminante en el XIX, con la revolución industrial y el expansionismo victoriano, explicó Steve. Los temores de autodestrucción de las últimas décadas, ya sea militar o por la polución, han apagado el optimismo eterno de la era victoriana. Sin embargo, la asumida marcha inexorable del descubrimiento científico y el crecimiento económico continúa impulsando la idea de que el progreso es una parte positiva y natural de la historia. 'El progreso ha sido una doctrina dominante en la interpretación de la secuencia histórica', continuó Steve, 'y en la medida en que la evolución es la mayor historia de todas, inmediatamente se le transfirió la noción de progreso. Ya conocéis las consecuencias que tuvo esto"[209].

Se puede simpatizar con la reacción de Gould ante esa basura ignorante y reaccionaria. También es cierto que el "progreso" ideal puede no ser tan ideal desde un punto de vista estrictamente científico cuando se aplica a la evolución. Siempre existe el riesgo de que se pueda deducir un punto de vista *teleológico*, es decir, la concepción de que los procesos naturales responden a un plan preestablecido por el Creador. Sin embargo, como sucede muchas veces, la reacción ante esto se ha escorado demasiado hacia el lado opuesto. Si la palabra progreso no es la más adecuada, la podemos sustituir, por ejemplo, por *complejidad*. ¿Se puede negar que ha habido un desarrollo real en los organismos vivos desde los primeros animales unicelulares hasta ahora?

No hay ninguna necesidad de volver a la imagen del Hombre como punto culminante de la evolución, para aceptar que los últimos 3.500 millones de años no han significado solamente cambio, sino un desarrollo real, pasando de sistemas

209. R. Lewin, *op. cit*., p. 140.

vivientes simples a otros más complejos. El registro fósil es testigo claro de este proceso. Por ejemplo, el aumento dramático en el tamaño medio del cerebro, producto de la evolución de los mamíferos a partir de los reptiles hace aproximadamente 200 millones de años. Asimismo, hubo un salto cualitativo en el tamaño del cerebro con el surgimiento de los humanos, y esto, a su vez, no se produjo en un proceso suave y cuantitativo, sino en una serie de saltos, con puntos de inflexión decisivos representados por el *Homo habilis, Homo erectus, Homo neandertha-lensis* y, finalmente, el *Homo sapiens*.

No hay motivo para suponer que la evolución ha alcanzado sus límites o que los seres humanos no pueden experimentar un desarrollo mayor. La evolución continuará, aunque no necesariamente de la misma manera que en el pasado. Cambios profundos en el entorno social, incluida la ingeniería genética, pueden modificar el proceso de selección natural, dando a los seres humanos, por primera vez, la posibilidad de determinar su propia evolución, al menos hasta cierto punto. Esto abriría la posibilidad de un capítulo totalmente nuevo en el desarrollo humano, especialmente en una sociedad dirigida por las decisiones libres y conscientes de los seres humanos, y no por las fuerzas ciegas del mercado y la lucha animal por la supervivencia.

MARXISMO Y DARWINISMO

> *El tipo de valores defendidos por la doctrina marxista es diametralmente opuesto a los que surgen de un punto vista científico en los términos actuales.*
>
> Roger Sperry, premio Nobel de Medicina 1981

> *La Iglesia toma posición contra las incursiones del caos y los dioses del siglo XX del Progreso y una visión materialista del mundo (...) El Génesis entonces suena tan cierto como siempre, tanto si se sigue una explicación evolutiva de los orígenes biológicos como si no.*
>
> Blackmore y Page, *Evolution: The Great Debate*

El marxismo siempre ha considerado la evolución como una cuestión fundamental. Utilizando el método del materialismo dialéctico, Marx y Engels fueron capaces de descubrir las leyes que gobiernan la historia y el desarrollo de la sociedad. Utilizando inconscientemente el mismo método, Charles Darwin fue capaz de sacar a la luz las leyes de la evolución de los seres vivos. “Darwin aplicó una filosofía consistentemente materialista a su interpretación de la naturaleza”, dice el paleontólogo Stephen Jay Gould. “La materia es la base de toda existencia; mente, espíritu y también Dios son sólo palabras que expresan los resultados maravillosos de la complejidad neuronal”.

La teoría de la evolución revolucionó nuestra manera de ver el mundo natural. Antes de Darwin, el enfoque dominante entre los científicos era que las especies eran inmutables, habiendo sido creadas por Dios para funciones específicas en la naturaleza. Algunos aceptaban la idea de la evolución, pero de una manera mística, dirigida por fuerzas vitales que dejaban sitio a la intervención decisiva del Ser Supremo. Darwin rompió con esta visión idealista. Por primera vez, fundamentalmente —aunque no en exclusiva— a través de un proceso de selección natural, había una explicación de cómo las especies fueron cambiando, a través de miles de millones de años, desde las formas de vida unicelulares hasta formas más complejas, incluidos nosotros. La contribución revolucionaria de Darwin fue descubrir el mecanismo que provoca ese cambio y dar a la evolución una sólida base científica.

Se puede trazar una analogía con el papel jugado por Marx y Engels en el campo de las ciencias sociales. Mucho antes que ellos, otros habían reconocido la existencia de la lucha de clases. Pero no fue posible explicarla científicamente hasta que Marx analizó la teoría del valor del trabajo y desarrolló el materialismo dialéctico. Marx y Engels apoyaron con entusiasmo la teoría de Darwin, ya que confirmaba sus ideas aplicadas a la naturaleza. En enero de 1861, Marx escribió a Lassalle: "El libro de Darwin es muy importante y me sirve de base en ciencias naturales para la lucha de clases en la historia. Desde luego que uno tiene que aguantar el crudo método inglés de desarrollo. A pesar de todas las deficiencias, no sólo se da aquí por primera vez el golpe de gracia a la 'teología' en las ciencias naturales, sino que también se explica empíricamente su significado racional".

El origen de las especies de Darwin fue publicado en 1859, el mismo año en que Marx publicó su *Introducción a la crítica de la economía política*, que dio una forma acabada a la concepción materialista de la historia. Darwin había llegado a sus conclusiones más de veinte años antes, pero no las publicó por miedo a la reacción ante sus ideas materialistas. Incluso entonces solamente se refirió a los orígenes humanos con la frase "se hará la luz sobre el origen del hombre y su historia". Sólo cuando ya no se podía esconder por más tiempo publicó en 1871 *La descendencia humana y la selección sexual*. Sus ideas eran tan inquietantes que fue reprendido por haberlo publicado "en un momento en que el cielo de París estaba rojo por las llamas incendiarias de la Comuna". Aunque había rechazado claramente el creacionismo, evitó cuidadosamente cualquier referencia a la religión. En 1880 escribió: "Me parece (correcta o incorrectamente) que los argumentos directos en contra del cristianismo o del teísmo no han tenido prácticamente ningún efecto en el público; y que se promoverá mejor la libertad de pensamiento con el aumento gradual de la comprensión humana que acompaña al desarrollo de la ciencia. Por tanto, siempre he evitado escribir sobre la religión, y me he limitado a la ciencia".

Su concepción materialista de la naturaleza significó una ruptura revolucionaria, al dar una base científica a la evolución. Sin embargo, Marx no aceptó a

Darwin de forma acrítica. En concreto, censuró su "crudo método inglés" y demostró cómo las deficiencias de Darwin se basaban en las influencias de Adam Smith y Malthus. Al carecer de un punto de vista filosófico definido, Darwin inevitablemente cayó bajo la influencia de la ideología dominante de la época. Las capas medias de la Inglaterra victoriana se enorgullecían de ser personas prácticas, con don para hacer dinero y "tener éxito en la vida". El primero en describir la selección natural como la "supervivencia de los más fuertes" no fue Darwin, sino Herbert Spencer en 1864. Darwin no estaba preocupado por el progreso en el sentido de Spencer (progreso humano basado en la eliminación de los más "débiles") y era reacio a adoptar su frase. Es más, Darwin utilizó metafóricamente la expresión "lucha por la supervivencia", pero fue tergiversado por los conservadores, que utilizaron las teorías de Darwin para sus propios objetivos. Para los darwinianos sociales, los latiguillos populares de la "supervivencia de los más fuertes" y la "lucha por la supervivencia", aplicados a la sociedad, sugerían que la naturaleza se aseguraría que los mejores, en una situación competitiva, ganarían, y que este proceso llevaría a una mejora continua. De esto se deducía que todo intento de reforma social era un esfuerzo para poner remedio a lo irremediable, y que, en la medida en que interfería en la voluntad de la naturaleza, sólo podía conducir a la degeneración. Como dice el famoso genetista Theodosius Dobzhansky:

"Puesto que la naturaleza está 'ensangrentada de colmillos y garras', sería un grave error dejar que nuestros sentimientos interfieran con las intenciones de la naturaleza, ayudando a los pobres, a los débiles y a los enfermos hasta el punto de que estuviesen tan cómodos como los ricos, los fuertes y los vigorosos. En última instancia, sería mucho más beneficioso respetar la dominación de la naturaleza. 'A todos los niveles de la naturaleza observamos el funcionamiento de una severa disciplina cuya insignificante crueldad es la precondición para su amplia bondad', escribe Herbert Spencer"[210].

DARWIN Y MALTHUS

> *La población, cuando no se le ponen controles, aumenta de manera geométrica. La subsistencia sólo se incrementa en una razón aritmética.*
>
> Thomas R. Malthus, *Ensayo sobre el principio de población*

La teoría económica del *laissez faire* de Adam Smith pudo haber dado a Darwin una visión de la selección natural, pero como Engels planteó: "Darwin no sabía qué amarga sátira escribía sobre la humanidad, y en especial sobre sus compatriotas, cuando mostró que la libre competencia, la lucha por la existen-

210. T. Dobzhansky, *Mankind Evolving*, pp. 139-40.

cia, que los economistas celebran como la máxima conquista histórica, es el estado normal del *reino animal*"[211]. Darwin se inspiraba en el *Ensayo sobre el principio de población* de Malthus, publicado en 1798, que intentaba demostrar que los recursos alimenticios sólo crecen aritméticamente mientras que la población, a no ser que se vea limitada por hambrunas, guerras, enfermedades o controles de natalidad, lo hace geométricamente. Se demostró que era una idea falsa.

A diferencia de Spencer, Darwin entendía "los más fuertes" sólo respecto a un entorno determinado, no en una escala absoluta de perfección. De hecho, ninguna de las dos expresiones con los que se asocia principalmente el nombre de Darwin, "evolución" y "supervivencia de los más fuertes", aparece en las primeras ediciones de *El origen de las especies*, donde estas ideas claves se expresan con las palabras "mutabilidad" y "selección natural". El 18 de junio de 1862, Marx escribió a Engels: "Darwin, que he vuelto a releer, me sorprende cuando dice que está aplicando la teoría 'maltusiana' *también* a plantas y animales, como si con Malthus la cuestión fuese que *no* aplica la teoría a plantas y animales, sino sólo a seres humanos —y con progresión geométrica— en oposición a plantas y animales". Engels también rechazó la cruda descripción o jerga de Darwin: "El error de Darwin consiste precisamente en unir la 'selección natural' o la 'supervivencia del más apto', dos cosas en absoluto separadas entre sí:

"1. Selección por presión de la superpoblación, donde tal vez los más fuertes sobreviven al principio, pero también pueden ser los más débiles en muchos aspectos.

"2. Selección por mayor capacidad de adaptación a la modificación de las circunstancias, en que los sobrevivientes están mejor adaptados a estas *circunstancias*, pero en que la adaptación en su conjunto puede significar tanto una regresión como un progreso (por ejemplo, la adaptación a la vida parasitaria es *siempre* una regresión).

"Lo principal: que cada progreso en la evolución orgánica sea al mismo tiempo una regresión, una evolución que fija una evolución *unilateral* y excluye la posibilidad de la evolución en muchas otras direcciones. Pero esta es *una ley fundamental*"[212].

Evidentemente, la lucha por la supervivencia —aunque no el sentido en que lo plantea Spencer— existe en la naturaleza cuando hay escasez o peligro para los miembros de las especies por parte de depredadores. "Por grande que sea la torpeza de Darwin al aceptar en su ingenuidad la doctrina de Malthus tan irreflexivamente, todo el mundo puede apreciar con un solo vistazo que no hacen falta lentes de Malthus para percibir en la naturaleza la lucha por la existencia, la contradicción entre la innumerable masa de gérmenes que produce pródigamente la naturaleza y el escaso número de los que consiguen llegar a madurez;

211. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 38.
212. *Ibíd*., p. 244.

contradicción que se resuelve efectivamente en gran parte mediante una lucha por la existencia, a veces sumamente cruel"[213].

Muchas especies producen gran número de descendientes, para maximizar su tasa de supervivencia, especialmente en los primeros estadios de la vida. Por otra parte, la especie humana ha sobrevivido por otros medios, ya que tiene un desarrollo muy lento en el que invierte gran cantidad de energía y esfuerzo en hacer crecer a unos pocos descendientes con una maduración tardía. Nuestra ventaja reside en nuestro cerebro y su capacidad de aprendizaje y generalización. Nuestro crecimiento de población no está controlado por la muerte de gran número de nuestra descendencia, y por lo tanto no se puede comparar *crudamente* con otras especies.

La propia historia le da la respuesta final a Malthus. Alfred North Whitehead ha planteado que, del siglo X al siglo XX, el continuo aumento de población en Europa fue acompañado en general por un aumento del nivel de vida. Esto no concuerda con la teoría maltusiana, incluso si se introduce la cuestión de los "controles" como una manera de "retrasar lo inevitable". Un milenio tendría que ser suficiente para demostrar la corrección o no de una teoría. "La verdad evidente", como dice Whitehead, "es que durante ese período y en esa zona [Europa], los llamados controles fueron tales que la ley maltusiana representó una posibilidad *no realizada y sin ninguna importancia*"[214].

Whitehead señala que los supuestos "controles" no estaban siquiera en proporción con la densidad de población. Por ejemplo, las pestes fueron principalmente consecuencia de la falta de higiene, no del tamaño de la población. Se hubiesen podido evitar con jabón, agua y un buen sistema de alcantarillado, no con controles de natalidad. La Guerra de los Treinta Años redujo la población de Alemania a la mitad, un "control" bastante drástico del crecimiento de la población. La guerra tuvo varias causas, pero nunca se ha mencionado entre ellas el exceso de población. Este factor tampoco jugó ningún papel sustancial, que nosotros sepamos, en ninguna otra de las guerras en las que la historia europea es tan rica. Por ejemplo, las insurrecciones campesinas de finales de la Edad Media en Francia, Alemania e Inglaterra no fueron provocadas por el exceso de población. De hecho ocurrieron precisamente en un momento en que la población había sido diezmada por la peste negra. A principios del siglo XVI, Flandes estaba densamente poblado, y sin embargo su nivel de vida era bastante más alto que el de Alemania, donde la miseria de los campesinos contribuyó a provocar las Guerras Campesinas.

Las teorías de Malthus no tienen ningún valor científico, pero han servido una y otra vez como excusa para la más inhumana aplicación de la llamada política de mercado. Durante la hambruna de la patata en los años 40 del siglo pasado en Irlanda, que provocó la reducción de la población irlandesa de 8 a 4'5 millones,

213. Engels, *Anti-Dühring*, p. 72.
214. A. N. Whitehead, *Adventures in Ideas*, p. 77. El subrayado es nuestro.

los terratenientes ingleses en Irlanda continuaron exportando trigo. Siguiendo una firme política de libre mercado, el gobierno "liberal" de Londres se negó a tomar cualquier medida que interfiriese en el comercio o los precios, y canceló las exportaciones de trigo barato a Irlanda, condenando así a millones de personas a morir de hambre. Los principios maltusianos del gobierno inglés fueron defendidos el 28 de noviembre de 1846 por Charles Grenville, secretario del Consejo Privado, con estas palabras:

"La situación de Irlanda es deplorable en extremo, y suficiente como para provocar desesperación: tal desorganización general y desmoralización, un pueblo con raras excepciones embrutecido, obstinado e indolente, desconsiderado y salvaje. Todos, de arriba abajo, tratan de hacer lo menos posible y sacar todo lo que pueden, no desean levantarse y esforzarse, buscando auxilio en este país, y gruñendo sobre el auxilio que reciben; las masas brutales, mentirosas y ociosas, todo el estado de cosas contradictorio y paradójico. Aunque amenazados con la continuación del hambre el próximo año, no sembrarán, y la tierra quedará inculta. No hay duda de que esta gente no ha sido nunca tan próspera como durante este año de hambruna. Nadie pagará los alquileres, y las cajas de ahorro están hasta los topes. Con el dinero que consiguen de nuestros fondos de ayuda compran armas, en lugar de comida, y después disparan a los funcionarios que van a regular la distribución de la ayuda. Mientras que se arremolinan alrededor de los extranjeros pidiéndoles empleo, los terratenientes no tienen suficientes manos, y mendigos fornidos que se llaman a sí mismos indigentes son detenidos con grandes sumas de dinero en sus bolsillos".

La situación real la describió el doctor Burritt, horrorizado al ver a hombres trabajando en las carreteras con sus miembros hinchados prácticamente al doble de su tamaño normal. El cuerpo de un niño de doce años "se había hinchado hasta tres veces su tamaño y había reventado los colgajos andrajosos que le cubrían". Cerca de un sitio llamado Skull, "sobrepasamos una multitud de quinientas personas, medio desnudas y hambrientas. Estaban esperando la distribución de la sopa. Se dirigieron hacia nosotros, y mientras yo les miraba con pena y asombro ante una escena tan miserable, mi conductor, un *gentleman* residente en East Skull y hombre de medicina, me dijo: 'Ninguno de estos que ve estará vivo en tres semanas: es imposible' (...) La media de muertes aquí es de cuarenta a cincuenta diarias. Y con suerte veinte cuerpos serán enterrados. La gente se encerraba en sus cabañas para poder morir junto a sus hijos y no ser vistos por los viandantes"[215].

No había ninguna razón para que esta gente muriese de hambre, de la misma manera que no hay ninguna razón hoy en día para que millones de personas mueran de hambre cuando en Europa y Estados Unidos se paga a los granjeros para que no produzcan comida. No son víctimas de las leyes de la naturaleza, sino de las leyes del mercado.

---

215. P. Johnson, *Ireland, a Concise History*, pp. 102-103.

Desde el principio, Marx y Engels denunciaron las falsas teorías maltusianas. Respondiendo a los argumentos del "pastor Malthus", Engels escribió: "La presión de la población no se ejerce sobre los medios de subsistencia, sino sobre los medios de *empleo*; la humanidad es capaz de aumentar más rápidamente de lo que puede soportar la sociedad burguesa moderna. Esta es para nosotros una razón más para declarar que esta sociedad burguesa es una barrera al desarrollo, que debe caer".

La introducción de maquinaria, nuevas técnicas científicas y fertilizantes significa que la producción mundial de comida puede mantenerse fácilmente a la par que el crecimiento poblacional. El incremento de la productividad agraria coincide en el tiempo con una disminución de la población rural. La extensión a todo el mundo de la eficacia lograda en los países desarrollados permitiría un enorme aumento de la producción. En la actualidad sólo se utiliza una parte muy pequeña de la enorme productividad biológica de los océanos. El hambre existe debido principalmente a la destrucción de los excedentes de comida y a que la producción de alimentos se mantiene artificialmente baja, al objeto de mantener alto el precio de los alimentos y, con él, la tasa de beneficios de los monopolios agrícolas.

El hambre generalizada en el llamado Tercer Mundo no es el producto de la "selección natural", sino un problema muy concreto de origen humano. Lo que condena a millones de personas a una vida de miseria y a morir de hambre no es la "supervivencia de los más fuertes", sino el hambre de beneficios de un puñado de grandes bancos y monopolios. Los países más pobres se ven obligados a vender sus cosechas de arroz, cacao y demás productos para poder pagar los intereses de su deuda externa. En 1989, Sudán seguía exportando comida mientras su población se moría de hambre. En Brasil se calcula que 400.000 niños mueren de hambre cada año. Y, sin embargo, Brasil es uno de los principales exportadores de comida del mundo. Las mismas desacreditadas ideas continúan reapareciendo una y otra vez, en un intento de culpar de las condiciones de pesadilla del Tercer Mundo al hecho de que hay "demasiada gente" (refiriéndose a negros, asiáticos, etc.). Se trata de ignorar que, ante la inexistencia de pensiones, los campesinos pobres necesitan tener tantos hijos como les sea posible (especialmente varones), para que los mantengan en la vejez. La pobreza y la ignorancia son las causas reales del llamado "problema demográfico". Cuando los niveles de vida y de educación aumentan, el crecimiento de la población tiende automáticamente a caer. El escándalo de las hambrunas masivas en pleno siglo XX es incluso más repugnante *porque es totalmente innecesario*.

"DARWINISMO SOCIAL"

Engels entendió que las ideas de Darwin serían desarrolladas y afinadas más adelante, lo que se vio confirmado por el desarrollo de la genética. En noviembre de 1875 escribió a Lavrov: "De la doctrina darwiniana acepto la *teoría de la evolu-*

ción, pero considero el método de prueba de Darwin (la lucha por la vida, la selección natural) sólo como una primera expresión, provisional e imperfecta, de un hecho recién descubierto". Y de nuevo en su obra *Anti-Dühring*: "Pero la teoría de la evolución es aún demasiado joven, por lo que es seguro que el ulterior desarrollo de la investigación modificará muy sustancialmente también las concepciones estrictamente darwinistas del proceso de la evolución de las especies".

Engels criticó duramente tanto la unilateralidad de Darwin como el darwinismo social que vino a continuación: "Apenas se reconoció a Darwin", plantea Engels, "ya esas mismas personas veían 'lucha' en todas partes. Ambas concepciones están justificadas dentro de límites estrechos, pero las dos tienen una igual característica de unilateralidad y prejuicio. (...) Por lo tanto, inclusive en lo que se refiere a la naturaleza, no es posible inscribir sólo, de manera unilateral, la 'lucha' en las banderas de uno. Pero es en absoluto pueril querer resumir la múltiple riqueza de la evolución y complejidad históricas en la magra frase unilateral de 'lucha por la existencia'. Eso dice menos que nada".

Y continúa explicando las raíces de este error: "Toda la teoría darwinista de la lucha por la existencia no es más que el traslado, de la sociedad a la naturaleza orgánica, de la teoría de Hobbes, de *bellum omnium contra omnes* [la guerra de todos contra todos], y de la teoría económica burguesa de la competencia, así como de la teoría maltusiana de la población. Una vez cumplida esta hazaña (cuya justificación incondicional, en especial en lo que se refiere a la teoría maltusiana, sigue siendo muy cuestionable), resulta muy fácil trasladar estas teorías, de vuelta, de la historia natural a la historia de la sociedad, y en conjunto demasiado ingenuo afirmar que con ello estas afirmaciones han quedado confirmadas como leyes naturales eternas de la sociedad"[216].

Los paralelismos del darwinismo social con el mundo animal encajaban en los argumentos racistas dominantes de que el carácter humano dependía de las medidas del cráneo. D. G. Brinton declaró en 1890 que "la raza blanca o europea está a la cabeza de la lista, y la africana o negra en su parte más baja". Cesare Lombroso, un físico italiano, argumentaba en 1876 que los criminales de nacimiento eran esencialmente monos, un paso atrás en la evolución. Era parte del deseo de explicar el comportamiento humano en términos biológicos innatos, ¡una tendencia que todavía sigue viva y coleando! La "lucha por la supervivencia" era vista como una tendencia innata en todos los animales, incluido el hombre, y servía para justificar las guerras, las conquistas, la explotación, el imperialismo, el racismo y la propia estructura de clases del capitalismo. Es el precedente de las variedades actuales de la sociobiología y de las teorías del *simio desnudo*. Como proclamó la sátira de W. S. Gilbert:

> *El hombre darwiniano, aunque bien educado,*
> *en el mejor de los casos ¡no es más que un mono afeitado!*

216. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 244-45.

Darwin insistió en que "la selección natural ha sido el más importante medio de modificación, pero no el único". Explicó que los cambios, por una parte, pueden llevar a modificaciones de otras características que no tienen que ver directamente con la supervivencia. Sin embargo, a diferencia de la concepción idealista de la vida defendida por los creacionistas, los darwinianos explicaron científicamente cómo evolucionó la vida sobre el planeta. Fue un proceso natural explicable por las leyes de la biología y por la interacción de los organismos con su entorno. Independientemente de Darwin, otro naturalista, Alfred Russell Wallace, también había elaborado la teoría de la selección natural. Esto impulsó a Darwin a publicar su trabajo después de veinte años de espera. Sin embargo, la principal diferencia entre Darwin y Wallace era que éste creía, ante la consternación de aquél, que cualquier cambio o modificación evolutiva estaba determinado solamente por la selección natural. El rígido hiperseleccionista Wallace acabaría rechazando la selección natural en el caso del cerebro y el intelecto, llegando a la conclusión ¡de que Dios había intervenido para construir esta creación única!

Darwin explicó que la evolución de la vida, con sus ricas y variadas formas, era la consecuencia inevitable de su propia reproducción. En primer lugar, los semejantes procrean semejantes, con pequeñas variaciones. Pero en segundo lugar, todos los organismos tienden a producir más descendencia de la que sobrevive y crían. Los descendientes que tienen más posibilidades de sobrevivir son los que tienen mejores condiciones para adaptarse al entorno, y, a su vez, su descendencia tenderá a ser parecida a ellos. Las características de esta población, con el tiempo, se adaptarán cada vez más a su entorno. En otras palabras, los más "fuertes" sobrevivirán y extenderán sus características favorables a toda la población. En la naturaleza, la evolución darwiniana es la respuesta a los cambios en el entorno. La naturaleza "selecciona" aquellos organismos cuyas características son más capaces de adaptarse a ellos. "La evolución mediante la selección natural", dice Gould, "no es más que el rastro de estos entornos cambiantes mediante la preservación diferencial de los organismos mejor diseñados para vivir en él". De esta manera, la selección natural dirige el curso del cambio evolutivo. Trotsky definió este descubrimiento de Darwin como "el triunfo más importante de la dialéctica en todo el campo de la materia orgánica".

15. ¿El gen egoísta?

Genética

Hasta finales de los años 30, el mecanismo de Darwin para la evolución, la selección natural, no obtuvo una aceptación general. En esa época, figuras científicas importantes como Haldane, Fisher y Wright se convirtieron en los padres del neodarwinismo, que fusionó la selección natural con la genética de Mendel. La teoría de la herencia fue esencial para conectar la teoría de la evolución con la teoría de la célula. En el siglo XIX, los científicos Schleiden, Schwann y Virchow explicaron que las células eran la unidad básica de todas los organismos vivos. En 1944, Oswald Avery identificó el ácido desoxirribonucleico (ADN) del núcleo celular como el transmisor de la información genética, el agente de la herencia. El descubrimiento por parte de Watson y Crick de la doble hélice de ADN clarificó todavía más el camino que seguía la evolución. Las variaciones en la descendencia de Darwin se debían a cambios en el ADN, que surgían de mutaciones casuales y reajustes moleculares internos, sobre los que actuaría la selección natural.

Gregor Johann Mendel, un monje austríaco y botánico aficionado, estudió detalladamente en los años 60 del siglo pasado las características hereditarias de las plantas, lo que le llevó a descubrir las leyes de la herencia genética. Mendel, un hombre tímido y modesto, envió sus descubrimientos a un eminente biólogo que, como era de esperar, opinó que eran una tontería. Profundamente descorazonado, Mendel escondió sus ideas al mundo y volvió a sus plantas. Su revolucionario trabajo no fue redescubierto hasta 1900, cuando realmente nació la genética. Los avances en los microscopios hicieron posible examinar el interior de la célula, llevando al descubrimiento de genes y cromosomas.

La genética nos permite comprender el proceso continuo del desarrollo de la vida. La evolución de la vida comportó la aparición de la célula autorreplicante, que podía trasmitir sus características a las futuras generaciones a través del ADN. El ADN no se concentra en una parte concreta del cuerpo, sino que está presente en toda célula animal o vegetal y se copia a sí mismo cada vez que una de ellas se

reproduce. La especie más desarrollada, el producto de 3.000 millones de años de evolución, es la especie humana. Un ser humano adulto está formado por aproximadamente un billón de células, pero al ser concebido era una sola célula embrionaria. ¿Cómo es esto? El secreto está en el ADN. Dentro de esa célula única hay una molécula de ADN que contiene el código genético para la construcción de todo el ser. La información contenida en los genes está almacenada como un código químico. Un gen es una sección de ADN que contiene la información para sintetizar una proteína concreta.

La mayoría de los genes poseen información que ordena a las células fabricar proteínas. Algunos genes les dicen a las células de un embrión dónde están situadas, y si tienen que convertirse en un brazo o en una pierna. Las secuencias de bases almacenadas en los genes determinan qué tipo de ser vivo será. La información hereditaria está almacenada en el núcleo de cada célula en forma de cadenas de genes llamadas cromosomas. Como un libro de texto viviente, dos juegos de cromosomas llevan todos los genes de un individuo, definiendo el carácter de la estructura de las proteínas que llevan a cabo la mayor parte del trabajo en el cuerpo.

Sólo en los años 50 se descubrió que el ADN era el componente químico de los genes. En 1953, James Watson y Francis Crick dieron un paso adelante revolucionario en la genética con el descubrimiento del famoso modelo de la doble hélice del ADN, por el cual recibieron el premio Nobel en 1962. Esto clarificó cómo se duplican los cromosomas en la división celular. El ADN está presente en las formas de vida más simples: un virus tiene una molécula simple de ADN. Toda la vida tal y como la conocemos depende en última instancia del ADN. El descubrimiento y desarrollo de la genética descifró los secretos de la evolución. Las leyes de la evolución descubiertas por Darwin fueron enriquecidas por la comprensión de la genética, a través del trabajo de Fisher, Haldane y Wright, los padres del neodarwinismo.

El gen es la unidad de herencia. El conjunto de genes de un organismo es el genoma. En la actualidad, los científicos están enfrascados en un proyecto para identificar todos los genes del genoma humano, que son unos 100.000. Los propios genes se reproducen en cada generación de células; algunos enzimas especiales juegan un papel importante en este proceso. A través de esta autorreproducción, los genes se forman de nuevo para cada nueva célula. Por lo tanto, indirectamente, producen las proteínas que construyen y mantienen cada célula; ya sean células bacterianas, vegetales o animales; células especializadas para formar músculos o huesos, hojas o tallos, el hígado o el riñón, y muchas más, incluidas las neuronas. Cada célula contiene el mismo conjunto de genes que estaba presente en la célula original. Cada célula humana contiene probablemente la información genética necesaria para fabricar cualquier tipo de célula y, por lo tanto, un ser humano completo, pero en cada célula sólo se utiliza una parte seleccionada de esa información. Es como cuando en un libro de instrucciones solamente se utilizan ciertas páginas, o incluso sólo ciertas líneas.

El efecto de la reproducción sexual es mezclar los genes. Las células sexuales humanas (óvulo y espermatozoide) sólo contienen 23 cromosomas cada una, pero cuando se unen suman los 46 cromosomas normales. La nueva célula, en palabras de Dawkins, sería "un mosaico de genes maternos y paternos". En la medida en que se mezclan los dos juegos de cromosomas, si dos señales genéticas son diferentes, una de las características prevalecerá sobre la otra. El gen de los ojos castaños, por ejemplo, es dominante sobre el de los ojos azules. Son lo que se llama genes dominantes y genes recesivos. Algunas veces se produce una especie de compromiso híbrido.

La variación se consigue a través de la reproducción. Desde el punto de vista evolutivo es vital. La reproducción asexual de los organismos primitivos crea copias idénticas a la célula madre, en las que las mutaciones son muy poco frecuentes. Por otra parte, la reproducción sexual, que combina genes de dos fuentes diferentes, incrementa las posibilidades de variación genética y tiene el efecto de acelerar la velocidad del desarrollo evolutivo. Cada forma de vida lleva su código genético en el ADN. La prueba de que tenemos un antepasado común es el parecido en la estructura celular de todos los organismos vivos. El mecanismo de la herencia es el mismo; el ADN determina que un ratón sea un ratón, que los humanos sean humanos y que las bacterias sean bacterias. Éstas sólo poseen una molécula de ADN, mientras que nuestras propias células y las de los organismos superiores contienen una serie de paquetes de ADN (cromosomas).

GENES Y ENTORNO

En los últimos 25 años las ideologías gemelas del reduccionismo y del determinismo biológico han dominado todas las ramas de la biología. El método del reduccionismo intenta explicar las propiedades de todos los complejos, por ejemplo proteínas, por las propiedades de los átomos e incluso de las partículas fundamentales de las que se componen. Cuanto más profundamente llegas, tienes un conocimiento más profundo, se afirmaba. Además, aseguran que las unidades de las que se compone el todo existían antes del todo, que una cadena causal va desde las partes al todo, que el huevo siempre es antes que la gallina.

El determinismo biológico está estrechamente vinculado al reduccionismo. Plantea, por ejemplo, que el comportamiento de los seres humanos está determinado por los genes de cada individuo, lo que lleva a la conclusión de que la sociedad está gobernada por la suma de los comportamientos individuales de toda la población. Este control genético es el equivalente a las viejas ideas expresadas en la frase "naturaleza humana". Una vez más, los científicos pueden argumentar que no quieren decir eso, pero las ideas del determinismo y de los genes como "entidades fijas e inalterables" están enraizadas en sus declaraciones y son adoptadas ávidamente por los políticos de derechas. Para ellos, las desigualdades sociales son desafortunadas, pero también innatas e inalterables; por lo tanto, las

medidas sociales, además de inútiles, "van en contra de la naturaleza". Esta idea ha sido expresada por Richard Dawkins en *El gen egoísta*, utilizado como libro de texto en las universidades norteamericanas.

El mecanismo de la evolución está condicionado por la relación dialéctica entre los genes y el entorno. Antes de Darwin, Lamarck planteó una teoría diferente de la evolución, que defendía que el individuo se adapta directamente a su entorno y transmite estas modificaciones a su descendencia. Esta interpretación mecánica ha sido desacreditada por completo, aunque la idea de que el entorno altera directamente la herencia resurgió en la Rusia estalinista bajo la forma de *lysenkoísmo*. La evolución humana tiene una "naturaleza" y una "historia". La materia prima genética entra en una relación dinámica con el entorno social, cultural y económico. Es imposible entender la evolución tomando uno solo de ellos por separado, dado que hay una interacción constante entre los elementos biológicos y los "culturales ".

Se ha demostrado de forma concluyente que los rasgos adquiridos (derivados del entorno) no se transmiten biológicamente. La cultura se transmite de generación en generación exclusivamente por la enseñanza y el ejemplo. Esta es una de las características decisivas que separan la sociedad humana del resto del reino animal, aunque también se pueden observar *trazas* de ella en los simios superiores. Reconocer el papel vital de los genes en el desarrollo humano no está en contradicción con el materialismo. Pero, ¿se puede sacar la conclusión de que "todo está en los genes"? Citemos a Dobzhansky:

"La mayoría de los evolucionistas contemporáneos son de la opinión de que la adaptación de una especie viva a su entorno es el principal agente que impulsa y dirige la evolución biológica. (...) Sin embargo, la cultura es un instrumento de adaptación mucho más eficaz que los procesos biológicos que llevaron a su inicio y desarrollo. Es más eficaz entre otras cosas porque es más rápido; los cambios en los genes se transmiten solamente a los descendientes directos de los individuos en que aparecen por primera vez; para reemplazar los viejos genes, los portadores de los genes nuevos tienen que reproducirse más rápidamente y suplantar gradualmente a los anteriores. Los cambios en la cultura se pueden transmitir a cualquiera independientemente de su parentesco biológico, o pueden ser tomados de otros pueblos en una forma ya elaborada"[217].

Los biólogos dividen el organismo en dos partes: el *genotipo* (el conjunto de genes) y el *fenotipo* (los rasgos que se manifiestan). Es un error común considerar que la relación entre ambos es simplemente de causa-efecto, que el genotipo es anterior al fenotipo y, por lo tanto, es el factor decisivo de la ecuación. Nacemos con unos genes determinados que no se pueden alterar, y esto decide nuestro destino de una forma tan decisiva como la posición de los planetas para la astrología. Este tipo de determinismo genético mecanicista es la otra cara de la moneda de las teorías embaucadoras de Lysenko. Es el lamarckismo puesto al revés. En

217. T. Dobzhansky, *op. cit*., p. 21.

realidad, el genotipo, los genes que se encuentran en el núcleo de cada célula, es más o menos fijo exceptuando alguna mutación casual. El fenotipo, el total de las características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, no es fijo. Por el contrario, cambia constantemente a lo largo de la vida del organismo por la interacción del ambiente con el genotipo y el fenotipo. En otras palabras, es un producto de la interacción dialéctica de organismo y ambiente. Si Albert Einstein hubiese nacido en un suburbio de Nueva York o en una aldea de la India, no hace falta ser muy inteligente para darse cuenta de que su potencial genético hubiese contado bien poco.

El estudio de la genética da una respuesta concluyente al idealismo. Ningún organismo puede existir sin genotipo. Y ningún genotipo puede existir fuera de una *continuidad espacio-tiempo*, un entorno. Los genes interaccionan con el entorno, dando lugar al proceso del desarrollo humano. De hecho, si la herencia fuese perfecta no habría evolución, ya que la herencia es una fuerza conservadora. Es esencialmente un mecanismo de autocopiado. Pero ocasionalmente se produce una copia defectuosa, una mutación. Hay un número infinito de *accidentes* de este tipo, la mayoría de los cuales no solamente son inútiles, sino perjudiciales para el organismo.

Una sola mutación no puede transformar una especie en otra. La información contenida en un gen no se mantiene en un aislamiento perfecto. Entra también en contacto con el mundo físico, en el que es puesta a prueba, procesada, articulada y modificada. Si una variante concreta proporciona una mejor proteína en un ambiente determinado, prosperará, mientras que las otras serán eliminadas. En un momento dado, las pequeñas variaciones llegan a un nivel cualitativo, dando lugar a una nueva especie. Este es el significado de la selección natural. Durante casi 4.000 millones de años, los genes de los seres vivos se han ido formando así. No es un proceso unidireccional. La idea de los deterministas genéticos de que los genes son preeminentes ha sido descrita por Francis Crick, uno de los descubridores del código del ADN, como el "dogma central" de la biología molecular. No es más válido que el dogma de la Inmaculada Concepción. En la relación dialéctica entre organismo y entorno, la información sobre el fenotipo vuelve al genotipo. Los genes se "seleccionan" por el entorno, que determina cuáles sobrevivirán y cuáles perecerán.

El papel del código genético es vital a la hora de establecer la "estructura" de los seres humanos, mientras que el ambiente trabaja para llenarla y desarrollar el comportamiento y la personalidad. No son factores aislados, sino que se fusionan dialécticamente para producir un individuo y sus características únicas. No hay dos personas iguales. Sin embargo, aunque no es posible alterar la composición genética de una persona, es perfectamente posible alterar su entorno. La manera de mejorar el potencial de un individuo es mejorando su ambiente. Esta idea ha provocado una discusión acalorada a lo largo de los años: ¿es posible superar o cambiar las deficiencias genéticas a través de una mejora en el entorno? Uno de los más importantes de los primeros genetistas, Francis Galton, trató de demostrar que la

genialidad era hereditaria y favoreció una política de reproducción selectiva para mantener el nivel intelectual. La idea de la superioridad genética de las capas medias y altas blancas respecto a otras razas y clases impregnó la sociedad victoriana y se convirtió en la ideología del movimiento eugenésico, que propugnaba la esterilización forzosa para impedir la propagación de los biológicamente incapaces o enfermos. Se utilizaron acientíficamente los tests de inteligencia para apoyar el determinismo biológico y la idea de que las desigualdades sociales basadas en la raza, sexo o clase no se pueden alterar porque reflejan genes inferiores innatos.

"INTELIGENCIA" Y GENES

El sociobiólogo E. O. Wilson expresa así, en su libro *Sociobiología*, el determinismo biológico: "Si la sociedad planificada, cuya creación es inevitable en el próximo siglo, fuese deliberadamente a guiar a sus miembros más allá de esas presiones y conflictos que dieron a los *fenotipos* destructivos (agresión y egoísmo) su ventaja darwiniana, los otros *fenotipos* (cooperación y altruismo) podrían disminuir con ellos. En este sentido, en el *sentido genético último*, el control social despojaría al hombre de su humanidad"[218].

En otras palabras, si nos libramos de los aspectos negativos de la humanidad, ¡también podríamos librarnos de los positivos! Una vez más, Wilson confunde genotipo con fenotipo, al dar a entender que el fenotipo es fijo e inmutable; pero no lo es. El genotipo no "codifica" rasgos en el fenotipo y no hay un gen del altruismo. Cada ser vivo es el resultado de una interacción continua entre los genes, el entorno y el propio fenotipo. Sin embargo, debemos evitar caer en el otro extremo, creyendo que el organismo es masilla en "manos" de los genes y el entorno. También es una parte activa del proceso. Todos los seres vivos interaccionan con su ambiente de manera dialéctica.

"Suponer que una célula sexual transporta una partícula llamada 'inteligencia' que hará que el que la tenga sea listo y sabio sin importar qué le pase, es ridículo", afirma Dobzhansky. "Pero es evidente que las personas con la que nos encontramos no son iguales en inteligencia, capacidades y actitudes, y no es descabellado pensar que estas *diferencias* están causadas en parte por su naturaleza y en parte por sus entornos".

Aunque está claramente demostrado el carácter materialista y dialéctico del proceso de la vida, la genética ha dado lugar a una acalorada controversia y abierto la puerta al idealismo y a concepciones reaccionarias. La unilateralidad en genética lleva inevitablemente al error y la confusión. De hecho, ciertos genetistas han caído en el determinismo biológico o genético. Este también es el caso de sociobiólogos como E. O. Wilson y Richard Dawkins. Comentando esto, Steven Rose se pregunta:

---

218. E. O. Wilson, *Sociobiology. The New Synthesis*, p. 575.

"¿Implica la teoría evolutiva que ciertos aspectos de los humanos (capitalismo, nacionalismo, patriarcado, xenofobia, agresividad, competitividad) están 'fijados' en nuestros genes 'egoístas'? Algunos biólogos han querido responder afirmativamente a esta pregunta, y teóricos políticos de derechas, desde monetaristas libertarios a neofascistas, han cogido con las dos manos estos pronunciamientos como justificación 'científica' de sus filosofías políticas". La única conclusión de esto es que el capitalismo y todas sus enfermedades son "naturales" y derivadas de hechos biológicos. Las teorías de la desigualdad racial y sexual también han buscado respaldo en ciertas interpretaciones de la ciencia.

Las metáforas crudas y simplistas de la evolución, como la "supervivencia de los más fuertes" o la "lucha por la existencia", fueron introducidas en el vocabulario del darwinismo social por Herbert Spencer. Se encontró en la biología la confirmación del capitalismo, las desigualdades de clase y el imperialismo. Parece que los sociobiólogos del tipo de E. O. Wilson siguen los pasos de Spencer, dada su visión de la naturaleza humana y el determinismo biológico. Marx y Engels explicaron que "el hombre se hace a sí mismo". La naturaleza humana, con su conciencia, es un producto de las condiciones sociales y económicas. Por eso la naturaleza humana ha cambiado a lo largo de la historia, siguiendo el desarrollo de la propia sociedad. Para la sociobiología, las características humanas están biológicamente fijadas en los genes, dando sustento al mito de que "no se puede cambiar la naturaleza humana".

De hecho, la llamada "naturaleza humana" se ha transformado y vuelto a transformar muchas veces a lo largo de la historia humana, como explica Dobzhansky:

"Darlington (1953) cree que 'la adaptabilidad individual es de hecho una de las grandes ilusiones de la observación del sentido común. Es una ilusión responsable de algunos de los principales errores de la administración política y económica de hoy en día. No se puede cambiar de un sitio a otro, o a otro trabajo, a individuos y poblaciones, después de un período adecuado de formación, por la conveniencia de algún jefe planificador, de la misma manera que no se puede convertir a un ganadero de las montañas en un pescador de alta mar o convertir delincuentes habituales en buenos ciudadanos'.

"A pesar de la incertidumbre y poca precisión de nuestro conocimiento sobre la genética humana, hay numerosas pruebas contrarias al punto de vista de Darlington, y estas pruebas son concluyentes.

"Hay muchas pruebas en la historia de que individuos y poblaciones pueden trasladarse con éxito de un sitio a otro o de un empleo a otro. La revolución industrial en muchos países del mundo lo ha demostrado ampliamente. Los antecesores más próximos de millones de obreros industriales han sido mayoritariamente campesinos que habían cultivado la tierra 'eternamente'. El movimiento del campo a las ciudades industriales todavía está en marcha en muchos países 'subdesarrollados"[219].

219. T. Dobzhansky, *op cit*., p. 264.

LOS TESTS DE INTELIGENCIA

Un término frecuentemente mal utilizado por los deterministas genéticos es la herencia, especialmente en el campo de los tests de inteligencia. Los psicólogos Hans Eysenck, en Gran Bretaña, y Richard Herrnstein y Arthur Jensen, en Estados Unidos, han defendido que la inteligencia es en gran parte hereditaria. También plantean que el cociente intelectual (CI) medio de los negros es genéticamente inferior al de los blancos, y el de los irlandeses al de los ingleses. Eysenck parece creer que negros e irlandeses están condicionados por genes de "bajo cociente intelectual". Pero está demostrado que los tests de inteligencia son imperfectos. No existe una unidad de medida para la "inteligencia", como la que puede haber para el peso o la altura. La inteligencia es un concepto imaginario basado en suposiciones arbitrarias.

Los tests de inteligencia surgieron a principios de siglo, cuando Alfred Binet estableció un test sencillo para ayudar a identificar niños con dificultades de aprendizaje. Para Binet era un medio de detección de dificultades que luego se podrían solucionar con "ortopedia mental". Ciertamente no pensaba que fuesen la medida de una inteligencia "fija", y a los que plantearon esa idea les respondió contundentemente: "Tenemos que protestar y reaccionar contra ese pesimismo brutal".

La base del test de Binet era bastante simple: los niños mayores deberían ser capaces de llevar a cabo tareas mentales que los niños más pequeños no pueden. Con esa base elaboró toda una serie de tests adecuados a cada grupo de edad, de tal manera que se podía juzgar a los niños que se consideraba eran los más listos, o los menos capaces. Como consecuencia se deberían tomar medidas para remediar los campos en los que se encontrasen dificultades. Sin embargo, este sistema, en otras manos, se utilizó para sacar conclusiones totalmente diferentes. Con la muerte de Binet, los defensores de la eugenesia vieron su oportunidad de oro para reforzar su mensaje determinista. La inteligencia era considerada algo innato y fijado a través de la herencia, y que se correspondía con la clase y el origen sociales. Cuando Lewis Terman introdujo los tests Stanford-Binet en Estados Unidos, dejó claro que la baja inteligencia "es muy común entre familias hispano-indias y mexicanas del sudoeste, y también entre los negros. Su torpeza parece ser racial o por lo menos inherente a las familias de las que provienen (...) Los niños de este grupo deberían ser segregados en clases especiales (...) No son capaces de dominar las abstracciones, pero a menudo pueden convertirse en trabajadores eficaces (...) No hay posibilidad por ahora de convencer a la sociedad de que no se les debería permitir reproducirse, aunque desde un punto de vista eugenésico constituyen un problema grave debido a su nivel de reproducción inusualmente prolífico".

Este era el tono general de la comunidad educativa estadounidense respecto a los tests. Se dio un nuevo paso para extender su alcance científico, estableciéndose estándares para los adultos y una razón entre la edad y la edad mental:

el *cociente intelectual* (CI). En Gran Bretaña, el psicólogo Cyril Lodowic Burt tradujo y defendió, incluso de manera más obsesiva que sus colegas norteamericanos, los tests de Binet. Burt defendía que los hombres eran más inteligentes que las mujeres, según supuestos estudios. El mismo caballero planteó que tenía pruebas científicas irrefutables de que los cristianos eran más inteligentes que los judíos, los ingleses más que los irlandeses, los ingleses de clase alta más que los de clase baja, etc. ¡Qué casualidad que fuese un hombre inglés cristiano de clase alta! Por tanto, la opresión y los privilegios de los ricos y poderosos se justifican porque sus víctimas son "inferiores". Durante 65 años, hasta su muerte en 1971, Burt continuó su trabajo sobre la eugenesia y los tests de inteligencia, y fue debidamente recompensado con el título de Sir por sus servicios a la humanidad. Ayudó a establecer una selectividad en el sistema educativo a los once años, que dividía a los niños en "listos", que iban a las *grammar schools*, y "tontos", que iban a las escuelas secundarias "modernas". Burt explicó: "La capacidad obviamente debe limitar el contenido. Es imposible que una jarra de una pinta contenga más de una pinta de leche; y es igualmente imposible que los logros educativos de un niño se eleven más allá de lo que su capacidad educativa permite".

De esta manera, los tests de Binet se utilizaron, más allá de sus funciones, para reforzar el carácter clasista de la sociedad. Unos habían nacido para picar carbón y otros para dirigir la sociedad. Los tests no se utilizaban para solucionar los problemas, sino para segregar. Independientemente de las modificaciones que se hayan hecho en los tests de inteligencia, todos tienen la misma raíz: una "inteligencia" preconcebida que es el patrón con el que se juzga a todo el mundo. Sin embargo, estos tests están enormemente influidos por estereotipos culturales y sociales que condicionan los resultados, en lo que también influye el sistema educativo. La idea de que de esta manera tan cruda es posible medir la "inteligencia" es falsa. Después de todo, ¿qué es la inteligencia? ¿Cómo se puede cuantificar? No es como el peso o la altura. No es algo fijo, como planteó Burt, sino elástico. El potencial del cerebro humano no tiene límites. La tarea de la sociedad es que el ser humano pueda realizar ese potencial, dado que el entorno puede restringirlo o realzarlo. Un niño que crezca en un entorno social desfavorable estará en desventaja respecto a otro que tenga todas sus necesidades satisfechas. El origen social es extremadamente importante. Si cambias el entorno, cambias al niño. A pesar de las afirmaciones de los deterministas biológicos, la inteligencia no está predeterminada genéticamente.

La obsesión por determinar estadísticamente la inteligencia a través de una gráfica en forma de campana es un intento de reforzar el conformismo social. Los que están fuera de la norma son "anormales" y necesitan tratamiento. O bien alternativamente es una cuestión genética, y determina nuestra clase social, raza y vida. Pero, en realidad, mientras que nuestro genotipo es fijo, nuestro fenotipo cambia constantemente. La pérdida de un brazo o una pierna es irreversible, pero no hereditaria. La enfermedad de Wilson es hereditaria, pero con tratamiento no

es irreversible. "Tampoco, por supuesto", dicen Rose, Kamin y Lewotin, "el fenotipo se desarrolla linealmente del genotipo, desde el nacimiento a la madurez. La 'inteligencia' de un niño no es solamente un cierto porcentaje pequeño de la del adulto en que se convertirá, como si la 'jarra de una pinta de cerveza' se fuese llenando constantemente".

Los frenéticos intentos de Burt para demostrar la base genética de la inteligencia le llevaron a falsificar sistemáticamente sus datos y registros. Su famoso estudio sobre el cociente intelectual de gemelos idénticos separados le llevó a la increíble afirmación de que los entornos separados de los gemelos no tenían ninguna influencia. Para él, todo estaba determinado por los genes. Era el ídolo de los deterministas genéticos, y sus estudios les dieron los argumentos necesarios para reforzar su posición. En 1978, D. D. Dorfman, un psicólogo norteamericano, demostró claramente que este caballero inglés había falsificado sus resultados. Después de que se demostrase que era un fraude, sus seguidores se vieron obligados a cambiar de discurso, simplemente criticando a Burt por su falta de rigor científico. Los estudios de Burt sobre el cociente intelectual fueron el equivalente al Hombre de Piltdown*. Sin embargo, en su día, a pesar de quince años de inconsistencias, sus investigaciones fueron aplaudidas por la comunidad científica como prueba de que el cociente intelectual era hereditario. Pero a pesar de la caída en desgracia de Burt, el *establishment* siguió aferrándose a su filosofía reaccionaria, como sostén de su punto de vista de clase.

Los estudios más recientes sobre gemelos idénticos separados en Gran Bretaña, Estados Unidos y Dinamarca no demuestran en absoluto que el cociente intelectual sea hereditario. Estos estudios han sido respondidos convincentemente por Rose, Kamin y Lewotin. Esta es su conclusión: "No sabemos qué es realmente la transmisión hereditaria del cociente intelectual. Los datos simplemente no nos permiten calcular una estimación razonable de la variación genética del cociente intelectual en cualquier población. Por lo que sabemos, la transmisión hereditaria podría ser nula o del 50%. *De hecho, a pesar de los enormes esfuerzos que se han dedicado a investigar esta cuestión, la transmisión hereditaria del cociente intelectual es irrelevante para el asunto en cuestión*. La enorme importancia que dan los deterministas a la demostración de la transmisión hereditaria es una consecuencia de su creencia errónea de que transmisión hereditaria significa inmutabilidad".

"Ni para el cociente intelectual ni para ningún otro rasgo se puede decir que los genes determinan el organismo", continúan. "No existe una correspondencia uno-a-uno entre los genes heredados de tus padres y tu altura, peso, tasa de metabolismo, enfermedad, salud o cualquier otra característica no trivial del organismo (...) cada organismo es un producto único de la interacción entre genes y entorno en cada etapa de la vida"[220].

---

* Supuesto "eslabón perdido" entre el hombre y el simio, que resultó ser un fraude.

220. Rose, Kamin y Lewotin, *Not in our Genes*, pp. 84, 86, 87, 96, 116 y 95.

Eugenesia

Eugenesia es una palabra acuñada en 1883 por Francis Galton, que era primo de Darwin. El deseo de "mejorar" el capital humano está relacionado frecuentemente con las teorías pseudocientificas de aquellos que intentan demostrar la "superioridad" de un grupo (raza, nación, clase social o sexo) en función de su sangre y "buen linaje". Normalmente a este tipo de disparates reaccionarios se les da un baño "científico" para intentar dotar de un aire de respetabilidad intelectual a lo que son los prejuicios más irracionales y aborrecibles. En Estados Unidos, la "tierra de la libertad", el movimiento pro eugenesia triunfó, aprobándose leyes de esterilización forzosa de los "biológicamente inferiores". Indiana aprobó la primera ley en 1907, que permitía esterilizar, bajo la supervisión de una comisión de expertos, a los que fueran considerados locos, imbéciles o subnormales. Hace setenta años, John T. Scopes enseñó evolución utilizando el libro *A Civic Biology* (Una biología cívica), de G. W. Hunter, que recogía el tristemente famoso caso de Jukes y Kallikaks. Bajo el epígrafe *El parasitismo y su coste para la sociedad: la solución*, dice:

"Cientos de familias como las que hemos descrito más arriba existen hoy en día, extendiendo enfermedades, inmoralidad y crimen por todo este país. El coste para la sociedad de estas familias es muy severo. De la misma manera que ciertos animales y plantas se hacen parásitos de otras plantas y animales, estas familias se han convertido en parásitos de la sociedad. No solamente son dañinas para los demás por corromper, robar o propagar enfermedades, sino por ser cuidadas por el Estado con el dinero de todos. Las viviendas sociales y los asilos existen principalmente para ellos. Son auténticos parásitos.

"Si esta gente fuesen animales inferiores, seguramente se les mataría para impedir que se propagasen. La humanidad no permitirá esto, pero tenemos la solución de separar los sexos en los asilos u otros sitios y prevenir de varias maneras el matrimonio entre ellos y las posibilidades de perpetuar esta raza tan baja y degenerada".

Hacia los años 30, más de treinta estados habían aprobado leyes de esterilización, ampliando su posible aplicación a alcohólicos y drogadictos, e incluso a ciegos y sordos, entre otros. La campaña llegó a su punto álgido en 1927, cuando en el caso "Buck contra Beil" el Tribunal Supremo, por 8 votos contra 1, suspendió la ley de esterilización de Virginia. Este caso implicaba a una chica blanca de dieciocho años llamada Carrie Buck, que había sido internada en un centro público para epilépticos y débiles mentales, y que fue la primera persona en ser esterilizada en aplicación de esa ley. Según Harry Laughlin, superintendente de la Oficina del Registro de Eugenesia (que pretendía eliminar al "diez por ciento más inútil de nuestra sociedad"), fue elegida porque ella, su madre y su hermana eran genéticamente subnormales. Esta información se obtuvo en gran medida gracias al test de inteligencia Stanford-Binet, que más tarde se demostró que era totalmente erróneo. El juez del caso, O. W. Holmes, declaró que ¡"con tres generacio-

nes de imbéciles ya basta"! El hijo de Carrie, Vivian, murió en 1932 de enfermedad. Sus maestros lo describían como muy inteligente.

En enero de 1935 se habían llevado a cabo 20.000 esterilizaciones forzosas con fines eugenésicos en Estados Unidos. Laughlin quería incluir a "gente sin casa, indigentes y vagabundos" en el tratamiento, que fue adoptado fervientemente en la Alemania nazi, donde el *Erbgesundheitsrecht* esterilizó a 375.000 personas, incluidas 4.000 por ceguera y sordera. En Estados Unidos, al final se llevaron a cabo 30.000 esterilizaciones. Aunque la eugenesia clásica ha quedado desacreditada, han surgido nuevas versiones, como la psicocirugía, que sostiene que la cirugía cerebral puede aliviar problemas sociales, especialmente la violencia. Dos neurocirujanos norteamericanos, Vernon Mark y Frank Ervin, llegaron hasta el punto de plantear que los disturbios en las ciudades estadounidenses están causados por trastornos mentales, y que podrían ser evitados con cirugía cerebral a ciertos dirigentes de los guetos. Los estudios sobre este particular están siendo financiados por diferentes agencias de investigadores norteamericanas.

Una carta de 1971 entre el Director de Clínicas y Hospitales del Centro Médico de la Universidad de California y una autoridad penitenciaria de Sacramento demuestra la mentalidad de determinados sectores de la comunidad "científica". El Director pide candidatos adecuados para la cirugía cerebral entre los internos "que hayan demostrado comportamiento agresivo, destructivo, posiblemente como resultado de enfermedad neurológica severa" para llevar a cabo "procedimientos quirúrgicos y de diagnóstico (...) para localizar centros del cerebro que pudieran haber sido dañados previamente y que pudieran servir como focos para episodios de comportamiento violento", para eliminarlos quirúrgicamente.

La respuesta sugiere un candidato que "fue transferido (...) por creciente militancia, capacidad de liderazgo y odio declarado hacia la sociedad blanca (...) ha sido identificado como uno de los dirigentes de la huelga obrera de abril de 1971. (...) También se detectó al mismo tiempo una avalancha de literatura revolucionaria". Estas ideologías lunáticas son el telón de fondo de la reacción política. En 1980, el Dr. K. Nelson, a la sazón director del Hospital de Lynchburg, en el que Carrie Buck fue esterilizada, descubrió que se habían realizado 4.000 operaciones, la última en 1972. Los tests de inteligencia utilizados en el caso Buck ya habían sido desacreditados hacía tiempo. Estas ideas reaccionarias de la esterilización forzosa no están simplemente confinadas a las "edades oscuras" del pasado, sino que siguen vivas en el presente, sostenidas por teorías pseudocientíficas, especialmente en Estados Unidos. Incluso ahora siguen existiendo leyes de esterilización en veintidós estados norteamericanos.

CRIMEN Y GENÉTICA

Desde principios de la década de los años 70, la proporción de ciudadanos estadounidenses encarcelados se ha triplicado. En Gran Bretaña, el número de perso-

nas entre rejas alcanza niveles récord. Las prisiones están tan masificadas que algunos internos están encarcelados en celdas policiales. En 1991, el Reino Unido tenía un porcentaje de población reclusa mayor que cualquier país del Consejo de Europa exceptuando Hungría (*Financial Times*, 10/3/94). A pesar de ello, los niveles de criminalidad y violencia siguen siendo altos en ambos países. Esta crisis ha provocado el florecimiento de ideas reaccionarias que intentan vincular el comportamiento criminal a factores biológicos. "Por cada 1% que reducimos la violencia, le ahorramos al país 1.200 millones de dólares", dice el psicólogo norteamericano Adrian Raine. Como resultado, el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos ha incrementado en 58 millones de dólares su presupuesto para investigaciones sobre la violencia. En diciembre de 1994, la Fundación Nacional Científica propuso el establecimiento de un consorcio de investigación durante cinco años, dotado con 12 millones de dólares. "Con los avances que esperamos, seremos capaces de diagnosticar a mucha gente que tiene una disposición mental biológica a la violencia", asegura Stuart Yudofsky, presidente del departamento de psiquiatría del Baylor College of Medicine (*Scientific American*, marzo 1995).

En ciertos círculos se ha puesto de moda atribuir todo tipo de cosas a desajustes biológicos o genéticos, en lugar de reconocer que los problemas sociales surgen de las condiciones sociales. La escuela del determinismo genético ha llegado a todo tipo de conclusiones reaccionarias, reduciendo todos los problemas sociales al nivel de la genética. No hace tanto tiempo, las investigaciones demostraron aparentemente que muchos criminales violentos tenían un cromosoma Y de más, pero estudios más recientes han demostrado que la conexión entre ambos factores es irrelevante. Ahora, la atención a la hora de buscar el vínculo entre biología y violencia está centrada en una menor actividad en el córtex frontal del cerebro de los asesinos. Hay una propuesta en Estados Unidos para crear una Iniciativa Federal de la Violencia, a fin de identificar al menos 100.000 niños de los barrios obreros "cuyos supuestos defectos genéticos y bioquímicos les harán propensos a la violencia en su vida adulta".

Los peligros de estas investigaciones para encontrar vínculos genéticos entre raza y comportamiento antisocial o criminal son obvios. Se pueden sacar conclusiones fraudulentas de las estadísticas, que demuestran que en Estados Unidos, aunque los negros son el 12'4% de la población, representan el 44'8% de los arrestados por crímenes violentos. Como explicaba un reciente artículo en el *Scientific American* (marzo 1995): "Es preocupante que estudios biológicos aparentemente objetivos, ignorando ciegamente las diferencias sociales y culturales, puedan reforzar equivocadamente estereotipos raciales". Debido a este peligro se han llevado a cabo boicoteos de los análisis de orina y sangre por las minorías étnicas. Según Raine, "todos los estudios genéticos y biológicos que se han llevado a cabo hasta el momento se han hecho sobre blancos".

Raine continúa diciendo: "Imagínate que eres el padre de un niño de ocho años. El dilema ético es éste: te podría decir, 'Mire, hemos hecho una serie de análisis y podemos predecir con un 80% de certeza que su hijo será muy violento den-

tro de veinte años. Le podemos ofrecer una serie de programas de intervención biológica, social y cognoscitiva que reducirán en gran medida la posibilidad de que se convierta en un adulto violento'.

"¿Qué harías? ¿Meter a tu hijo en esos programas corriendo el riesgo de estigmatizarlo como un criminal violento incluso sabiendo que hay una posibilidad real de que sea inocente? ¿O dices que no al tratamiento y tienes un 80% de posibilidades de que tu niño se haga mayor y a) arruine su vida, b) arruine tu vida, c) arruine las vidas de sus hermanos y hermanas o, más importante, d) arruine las vidas de víctimas inocentes que sufran en sus manos?" (Citado en *Scientific American*, marzo 1995).

En primer lugar, no es posible predecir el comportamiento criminal futuro de un niño, y menos con un 80% de precisión. Y en segundo lugar, aquí se culpa del crimen al individuo. Este argumento reaccionario ignora que la violencia y otros males sociales son el producto de la sociedad en que vivimos, basada en la explotación humana y el máximo beneficio, que provoca paro masivo, pobreza, gente sin hogar y un deterioro general de la vida. Estas condiciones sociales, a su vez, son las que provocan crimen, violencia y brutalidad. Los genes o la biología no tienen nada que ver; la barbarie de la sociedad capitalista, sí.

Los deterministas biológicos son utilizados para reforzar las ideas sociales reaccionarias. La culpa del crimen, la pobreza, el paro, etc. no la tiene la sociedad, sino el individuo, por sus deficiencias biológicas o genéticas. La solución, por lo tanto, es la cirugía cerebral o genética. Otros buscan la explicación de la violencia humana en niveles anormales de testosterona o en un bajo ritmo cardíaco. Algunos científicos han apuntado a los bajos niveles de serotonina, un componente químico que en el cuerpo afecta, entre otras cosas, al funcionamiento del cerebro. Así, C. R. Jeffery escribió en el *Journal of Criminal Justice Education* que "incrementando los niveles de serotonina en el cerebro podemos reducir el nivel de violencia" Así, se administran intensificadores de serotonina, como el antidepresivo Prozac, a pacientes, para curar su agresividad. La falsedad de este argumento se demuestra en que los niveles de serotonina pueden aumentar o disminuir en diferentes partes del cerebro en diferentes momentos, con diferentes efectos. El entorno también puede afectar a sus niveles. Sin embargo, todo esto no impide que esta gente siga haciendo sus afirmaciones para apoyar los puntos de vista reaccionarios.

Jeffery plantea que "la ciencia tiene que decirnos qué individuos serán o no criminales, qué individuos serán o no víctimas y qué estrategias para mantener la ley funcionarán y cuáles no". Yudofsky refuerza el entusiasmo de Jeffery con esta afirmación: "Estamos al borde de una revolución en la medicina genética. El futuro será entender la base genética de los desordenes agresivos e identificar a aquellos que tienen mayores posibilidades de convertirse en violentos". Yudofsky cree que habría que hacer pruebas a los niños hiperactivos y darles, si fuese necesario, litio o beta-bloqueadores anticonvulsivos. Según Yudofsky, estas drogas tendrían "un precio efectivo" y serían una tremenda "oportunidad

para la industria farmacéutica". A este señor, pese a sus aires científicos, se le ve claramente el plumero.

"Hay sectores a los que podemos empezar a aplicar un punto de vista biológico", dice Fishbein. "Hay que valorar individualmente a los delincuentes", para seguidamente plantear tratamientos obligatorios para los reclusos, que deberían permanecer en prisión indefinidamente en caso de no dar resultado. Masters piensa que "tenemos suficientes conocimientos sobre el sistema serotonérgico como para saber que si vemos que un niño tiene malos resultados escolares, tenemos que mirar sus niveles de serotonina".

Racismo y genética

En 1899, en una intervención en el Senado estadounidense, se planteó que "Dios no ha estado preparando a los pueblos teutones y angloparlantes durante mil años simplemente para un vano y ocioso narcisismo (...) Ya que nos ha hecho aptos para el gobierno, debemos gobernar sobre los pueblos salvajes y seniles".

B. Shockley, el coinventor del transistor, argumentó que, ya que los negros eran genéticamente menos inteligentes que los blancos, no deberían dárseles las mismas oportunidades, un punto de vista que comparte el conocido psicólogo Hans J. Eysenck. Se ve la naturaleza humana como la fuente y explicación de todos los males sociales, sacando distorsionados paralelismos con los modos de vida de otros animales. La sociobiología plantea que el racismo y el nacionalismo son extensiones naturales del tribalismo, que a su vez es producto de la "selección de parentesco". "Nacionalismo y racismo", plantea E. O. Wilson, padre de la sociobiología, "son brotes culturalmente nutridos de simple tribalismo". Esta idea ha sido sugerida incluso por Richard Dawkins: "Es concebible que los prejuicios raciales se puedan interpretar como una generalización irracional de una tendencia de selección de parentesco, a identificarse con individuos que se parecen a uno físicamente y a ser desagradable con individuos de aspecto diferente"[221].

Según Wilson, "en las sociedades de cazadores-recolectores, los hombres cazaban y las mujeres se quedaban en casa. Este fuerte prejuicio persiste en la mayoría de sociedades agrícolas e industriales de hoy en día, y *sólo sobre esta base parece tener un origen genético*". Plantea que los hombres son polígamos y las mujeres monógamas "por naturaleza". La característica de la sociobiología es la comparación de las relaciones sociales humanas con el mundo animal, como justificación de la dominación masculina y la estructura de clases. "La propensión genética", dice Wilson, "es lo suficientemente fuerte como para provocar una división del trabajo sustancial incluso en las más libres e igualitarias de las sociedades futuras". Este es el planteamiento, basado en el mundo natural, que el zoólogo Desmond Morris intenta popularizar.

221. R. Dawkins, *The Selfish Gene*, p. 108.

Los intentos recientes de demostrar que la inteligencia es hereditaria se han centrado en los tests de inteligencia. *The Bell Curve*, de Charles Murray, vuelve a recuperar el viejo argumento de que la genética explica la diferencia entre el CI medio de blancos y negros en Estados Unidos. El argumento fundamental de este libro ha sido demolido una y otra vez. Según el psiquiatra Peter Breggin, es un intento de "resucitar la imagen King Kong de los afroamericanos como violentos y estúpidos" (*The Guardian*, 13/3/95). Pero la evidencia más demoledora contra las teorías del determinismo genético viene de un libro reciente titulado *The Histoy and Geography of Human Genes* (Historia y geografía de los genes humanos), de los genetistas de poblaciones Luca Cavalli-Sforza, Paolo Menozzi y Alberto Piazza. Este libro es un resumen de 50 años de investigaciones sobre genética de poblaciones. Es la explicación más prestigiosa de la enorme variabilidad cromosómica de los seres humanos. Su conclusión es que, descontando los genes que determinan rasgos superficiales como el color y la estatura, las "razas" humanas son enormemente parecidas. La variación entre individuos es mucho más grande que entre grupos raciales.

En su reseña del libro, la revista *Time* (16/1/95) dice: "De hecho, la diversidad entre individuos es tan grande que el concepto de raza no tiene ningún significado genético. Los autores afirman que no hay ninguna base científica para las teorías que plantean la superioridad genética de una población sobre otras. (...) A pesar de las dificultades, los científicos han hecho algunos descubrimientos que rompen mitos. Uno de ellos salta a la vista en la portada: un mapa en color de la variación genética en el mundo, con África en un extremo del espectro y Australia en el otro. Puesto que los aborígenes australianos y los africanos subsaharianos tienen rasgos superficiales comunes, como el color de la piel y la forma del cuerpo, en general se suponía que estaban estrechamente relacionados. Pero sus genes nos cuentan una historia bien diferente. De todos los humanos, los australianos son los más alejados de los africanos, y son muy cercanos a sus vecinos del sudeste asiático". La reseña acaba: "Lo que el ojo ve como diferencias raciales, por ejemplo entre europeos y africanos, son principalmente adaptaciones al clima producto de los desplazamientos humanos de un continente a otro". El libro también confirma que el lugar de nacimiento de la humanidad, y por tanto el punto de partida de las primeras migraciones, fue África.

El recurso a teorías biológicas y genéticas para justificar políticas reaccionarias no es un fenómeno nuevo, aunque en la última década ha revivido debido a la tendencia general de los gobiernos occidentales de atacar el Estado del bienestar y todas las demás conquistas de la clase obrera. Las leyes del mercado, es decir, la *ley de la selva*, vuelven a estar de moda. Eso incluye, por supuesto, las universidades, donde siempre hay bastante gente dispuesta a nadar a favor de la corriente, lo cual resulta provechoso para sus carreras.

Hay gran cantidad de académicos que enfocan sus investigaciones de manera desapasionada, pero sería ingenuo pensar que la mera posesión de una ristra de títulos académicos inmuniza a una persona contra las presiones de la socie-

dad, sea o no consciente de ello. En 1949, N. Pastore llevó a cabo un estudio sobre las opiniones de veinticuatro psicólogos, biólogos y sociólogos sobre el peso relativo de los genes y el entorno. De doce "liberales o radicales", once dijeron que el ambiente era más importante que la herencia, y uno lo contrario. En el campo conservador, el resultado fue exactamente al revés. Dobzhansky encontró estos resultados "desconcertantes". Por nuestra parte, los encontramos bastante predecibles.

Roger Scruton saca las lecciones sociales: "La bioeconomía plantea que los programas gubernamentales que obligan a los individuos a ser menos competitivos y egoístas de lo que están genéticamente programados están condenados de antemano al fracaso". Esto encaja perfectamente con el resurgimiento en Estados Unidos del determinismo genético y sus supuestas pruebas de que los negros son inferiores a los blancos y la clase obrera es inferior a las capas medias y superiores. El apoyo científico a este tipo de falacias se utiliza para darles una apariencia de respetabilidad y "objetividad".

'El gen egoísta'

Richard Dawkins, que saltó a la fama con su controvertido libro *El gen egoísta*, ha estado en el centro de una acalorada polémica sobre genética. Los biólogos moleculares han establecido la importancia del ADN. Posee las instrucciones codificadas para producir los ladrillos constituyentes de la vida, los aminoácidos. Éstos fabrican las proteínas, que modelan las células y órganos. Debido a ello, algunos biólogos moleculares, y también sociobiólogos, han planteado que la selección natural actúa en última instancia sobre el ADN. Esto ha llevado a una serie de científicos a obsesionarse hasta tal punto con el carácter maravilloso del gen, que pocos son capaces de ver el bosque más allá de los árboles. Algunos han dotado al gen de ciertas cualidades místicas, de las que se deducen ideas reaccionarias. La transmisión genética inalterada de las características físicas, morales y mentales no tiene ninguna base científica, pero sin embargo ha aparecido una y otra vez en la literatura científica y ha tenido consecuencias serias, por no decir desastrosas, en la política social de todo el siglo XX.

El gen transmite su influencia de padres a hijos. Sólo se puede definir como una diferencia entre un número diferente de genes que determinan la misma característica (llamados *alelos*; por ejemplo alelos azules o castaños, para el color de los ojos). La diferencia se identifica por medio de observaciones y pruebas bioquímicas, fisiológicas, estructurales o de comportamiento (una vez excluidas otras fuentes de variación, como el ambiente).

Desgraciadamente, mucha gente, científicos y no científicos, utiliza una versión distorsionada de esta definición. Especialmente cuando convierten un gen que *contribuye* a un determinado comportamiento en el gen que lo *determina*. Dawkins no es el único científico que cae en la trampa. En los años 70, muchos

hablaban de una *codificación* genética de las características físicas y de conducta. También un gen debe ser comparado con otro para el mismo rasgo. No va "por libre". Como J. B. S. Haldane señala, la genética es la ciencia de las *diferencias*, no de las similitudes. Simplemente, tú y yo podemos ser egoístas; las diferencias entre nosotros, no. No puedes aplicar características personales a una comparación. En su libro *El gen egoísta*, Dawkins salta de una definición a la otra y plantea que son intercambiables, cuando no lo son. El resultado ha sido dar alas al determinismo genético. Toda una generación de científicos norteamericanos y de otros países ha sido educada en esta confusión.

La investigación científica en el campo de la genética demuestra las posibilidades para la medicina. Enfermedades genéticas, como la distrofia muscular de Duchenne, ya han sido identificadas. Pero parece asumirse que existen genes responsables de todo tipo de cosas, como la homosexualidad o la delincuencia. El determinismo genético ha llevado a conclusiones reaccionarias, reduciendo todos los problemas sociales a una mera cuestión genética. En febrero de 1995 se celebró en Londres una conferencia sobre "Genética del comportamiento criminal y antisocial". Diez de los trece ponentes eran de Estados Unidos, donde una conferencia similar, en 1992, con un marcado trasfondo racista, no se llegó a celebrar por la presión de la opinión pública. Aunque el presidente, Sir Michael Rutter, del Instituto de Psiquiatría de Londres, declaró que "no existe algo parecido a un gen del crimen", otros participantes, como el Dr. Gregory Carey, del Instituto de Genética del Comportamiento de la Universidad de Colorado, mantuvo que los factores genéticos en su conjunto eran responsables del 40-50% de la violencia criminal. Aunque dijo que no sería práctico "tratar" la criminalidad a través de la ingeniería genética, otros participantes declararon que había buenas perspectivas para el desarrollo de medicamentos que controlasen la excesiva agresividad, una vez que se encontrasen los genes responsables. Sin embargo sugirió que *se debería considerar la posibilidad del aborto cuando las pruebas prenatales indicasen la probabilidad de que un niño naciese con genes que le predispusieran para el comportamiento violento o antisocial*. Su punto de vista fue respaldado por el Dr. David Goldman, del Laboratorio de Neurogenética del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos. "Se debería dar a las familias la información y se les debería permitir que decidiesen por su cuenta cómo utilizarla" (*The Independent*, 14/2/95).

Según el profesor Hans Brunner, del Hospital Universitario de Nijmegen, en Holanda, los hombres de una familia que heredaban una anormalidad genética en el cromosoma X que les provocaba una deficiencia en un enzima relacionado con el cerebro habían mostrado "agresividad impulsiva", inclusive incendio premeditado e intento de violación. El Dr. Goldman y el profesor Matti Virkkunen, de la Universidad de Helsinki, dijeron que estaban descubriendo variaciones genéticas ligadas a la agresividad en los procesos químicos del cerebro. "Hay compañías farmacéuticas que ya están interesadas en nuestros descubrimientos", dijo Virkkunen (*Financial Times*, 14/2/95).

Steven Rose describió la conferencia como "provocadora, inquietante y desequilibrada". Quince científicos la atacaron en una carta. El Dr. Zacari Erzinciogu, director del Centro de Ciencia Forense de la Universidad de Durham, la calificó de "muy inquietante, para mentes simples y maliciosa". Los argumentos de estos deterministas genéticos son utilizados para reforzar ideas sociales reaccionarias. Ashley Montague planteó que "no son los 'genes criminales' los que hacen a los criminales, sino en la mayoría de los casos 'las condiciones sociales criminales".

El gen egoísta, editado por primera vez en 1976, hace algunas afirmaciones de partida que llevan a conclusiones políticas reaccionarias. "Nacemos egoístas", dice Dawkins, lo que supuestamente surge de nuestros genes, a los que él atribuye una conciencia y una identidad "egoístas" a pesar de que "los genes no tienen previsión, no planifican por adelantado". Se esfuerzan para replicarse, como si estuvieran planificando conscientemente cómo podrían conseguirlo.

"Ciertamente en principio, y también de hecho, el gen sale a través de la pared del cuerpo individual y manipula objetos del mundo exterior, algunos son inanimados, algunos son otros seres vivos, algunos están bastante alejados. Con un poco de imaginación podemos ver al gen sentado en el centro de una telaraña de potencia fenotípica extendida. Y un objeto en el mundo es el centro de influencias de telarañas convergentes de muchos genes sentados en muchos organismos. El largo alcance del gen no conoce fronteras obvias"[222]. Debido a que para Dawkins los organismos individuales no sobreviven de una generación a otra, mientras que los genes sí, se deduce que la selección natural actúa sobre lo que sobrevive, es decir, los genes. Para Dawkins, la selección actúa en última instancia sobre el ADN. Al mismo tiempo, cada gen compite con los demás para reproducirse en la siguiente generación. "Después de todo, ¿qué es tan especial en los genes? La respuesta es que son replicadores".

Para él, el replicador de la vida es el gen y el organismo es simplemente su vehículo: "Máquinas de supervivencia, robots ciegamente programados para preservar las moléculas egoístas conocidas como genes (...), [que] hormiguean en gigantescas colonias, a salvo en su interior". Es una revisión del famoso aforismo de Butler de que la gallina es simplemente la forma que tiene el huevo de hacer otro huevo. Un animal, para Dawkins, es solamente la manera que tiene el ADN de crear más ADN. Imbuye a los genes de ciertas cualidades místicas, lo que en esencia es teleológico.

"Sospecho", dice Dawkins en su defensa, "que tanto Rose como Gould son deterministas, ya que creen en una base física, materialista para todas nuestras acciones. Yo también (...) cualquiera que sea el punto de vista que uno adopte sobre la cuestión del determinismo, la inserción de la palabra 'genético' no va a provocar ningún cambio". Y añade: "Si eres un determinista puro, crees que todas tus acciones están determinadas por causas físicas en el pasado (...) ¿cuál

222. R. Dawkins, *op. cit*., pp. 3 y 265-66.

es la diferencia si algunas de estas causas son *genéticas*? ¿Por qué se piensa que los deterministas genéticos tienen que ser más culpables que los 'medioambientalistas'?"[223].

Todo en la naturaleza tiene una causa y un efecto, y el efecto se convierte en causa. Dawkins mezcla determinismo y fatalismo: "Un organismo es una herramienta del ADN". El determinismo genético tiene un significado preciso: los genes condicionan totalmente el fenotipo. Sin duda los genes tienen una gran influencia en la forma del organismo, pero su identidad será determinada *decisivamente* por el entorno. Por ejemplo, dos gemelos idénticos criados en ambientes totalmente diferentes tendrán caracteres totalmente distintos. Como explica Rose: "En realidad, sin embargo, la selección debe actuar a gran cantidad de niveles. Trozos individuales de ADN del tamaño de un gen pueden o no estar seleccionados por derecho propio, pero el ADN se expresa en el marco de un genotipo completo; por lo tanto, agrupaciones concretas de genes o genotipos enteros tienen que representar en sí mismos otro nivel de selección. Además, el genotipo existe en un fenotipo, y que ese fenotipo sobreviva o no depende de su interacción con otros. De ahí que sólo será seleccionado en el marco de la población en la que está insertado"[224].

Dawkins se vio obligado a retroceder hasta cierto punto, modificando sus argumentos en las versiones más recientes de *El gen egoísta* (1989) y en *The Extended Phenotype* (1982). Plantea que su lenguaje rimbombante dio pie a malinterpretaciones: "Es demasiado fácil dejarse llevar y permitir que los genes hipotéticos tengan juicio consciente y anticipación en la planificación de su *estrategia*". Sin embargo, defiende su argumento fundamental y ve la vida "en términos de replicadores genéticos preservándose a sí mismos por medio de sus fenotipos extendidos" y la selección natural como "la supervivencia diferencial de genes". Dawkins ahora dice que "los genes pueden modificar los efectos de otros genes y del entorno. Los acontecimientos en el entorno, tanto interno como externo, pueden modificar el efecto de los genes y el efecto de otros acontecimientos en el entorno". Pero aparte de esta concesión secundaria, Dawkins mantiene su tesis fundamental:

"A veces se atacan los anticonceptivos como 'antinaturales'. Y lo son, muy antinaturales. El problema es el Estado del bienestar. Creo que la mayoría de nosotros pensamos que el Estado del bienestar es muy deseable. Pero no puedes tener un Estado del bienestar antinatural, a no ser que también tengas un control de natalidad antinatural, de otra manera el resultado final será miseria incluso mayor que la que obtienes en la naturaleza. (...) El Estado del bienestar es quizás el sistema más altruista que el mundo animal nunca haya conocido. Pero todo sistema altruista es inherentemente inestable porque está a merced del abuso por parte de individuos egoístas, dispuestos a explotarlo. Los seres humanos individuales que tienen más hijos de los que son capaces de criar, en la mayoría de los

223. R. Dawkins, *The Extended Phenotype*, pp. 10-11.
224. S. Rose, *Molecules and Minds*, pp. 64-65.

casos son demasiado ignorantes como para que se les pueda acusar de abuso consciente con mala fe".

Según Dawkins, la adopción de niños está en contra de los instintos e intereses de nuestros "egoístas" genes: "En la mayoría de los casos probablemente deberíamos considerar la adopción, aunque pueda parecer enternecedora, como una violación de una regla innata. Esto es así porque la generosa hembra no les está haciendo ningún bien a sus propios genes cuidando al huérfano. Está desperdiciando tiempo y energía que podría estar invirtiendo en las vidas de su misma sangre, especialmente sus propios futuros hijos. Probablemente es un error que resulta ser demasiado raro como para que la selección natural se haya 'preocupado' de cambiar la regla, haciendo el instinto maternal más selectivo".

También plantea que "si a una hembra se le dan datos fiables de que se espera una época de hambruna, está en su propio interés egoísta reducir su propia tasa de natalidad". Dawkins también piensa que la selección natural favorecería a los niños que timasen, mintiesen, engañasen y abusasen, y que "cuando observamos poblaciones salvajes esperamos ver mentiras y egoísmo dentro de las familias. La frase 'el niño debería engañar' significa que los genes que tienden a hacer que los niños engañen tienen una ventaja en la combinación genética"[225]. Y llega a la conclusión que el organismo es una herramienta del ADN, más que al revés.

Estos comentarios son interesantes no tanto por lo que nos dicen sobre los genes, sino por lo que revelan sobre el estado de la sociedad en la última década del siglo XX. En ciertas sociedades, el tener unos músculos potentes o la capacidad de correr más rápido pueden dar una ventaja genética. Si la propensión a mentir, explotar y timar proporciona unas ventajas semejantes, significa que esas características son las cualidades más necesarias para triunfar en la sociedad moderna, algo totalmente acorde con los "valores del mercado". Aunque es bastante cuestionable que este tipo de cualidades puedan transmitirse genéticamente, es un hecho que son las cualidades fundamentales del *egoísmo de la burguesía*. La "guerra de todos contra todos", como el viejo Hobbes la definió, es el pilar fundamental de la sociedad capitalista.

¿Es cierto que este tipo de mentalidad es una parte genéticamente condicionada de la "naturaleza humana"? No deberíamos perder de vista que el capitalismo y sus valores sólo han existido, a lo sumo, durante los últimos doscientos años, de los aproximadamente 5.000 de historia humana registrada y 100.000 de desarrollo humano. La sociedad, durante la mayor parte de su existencia, se ha basado en la *cooperación*. De hecho, sin ella los seres humanos nunca se hubieran elevado por encima del nivel animal. Lejos de ser un componente esencial de la psicología humana, la competencia es un fenómeno relativamente reciente, un reflejo de la sociedad basada en la producción de bienes, que pervierte y cambia la naturaleza humana hacia modelos de comportamiento que hubieran sido considerados aberrantes y antinaturales en el pasado.

225. R. Dawkins, *The Selfish Gene*, p. 126,109,129 y 150.

Es muy fácil culpar a algún fenómeno misterioso, como por ejemplo "nuestros genes", por la moral avariciosa y egocéntrica del mercado. Además, no es una cuestión de zoología, sino de clase social. Los capitalistas individuales compiten los unos con los otros y no dudan en recurrir a todo tipo de métodos (que se consideran prácticas comerciales normales) para arruinar a sus rivales: mentiras, estafas, espionaje industrial, OPAs hostiles, etc. Desde el punto de vista de la clase obrera, las cosas son muy diferentes. No es una cuestión de moral individual, sino precisamente de supervivencia social (el equivalente sociológico de la "supervivencia de los más fuertes"). La única fuerza que tiene la clase obrera contra los empresarios es la fuerza de la unión, es decir, precisamente la *cooperación*.

Sin organización, empezando por la sindical, la clase obrera sólo es materia prima para la explotación. La necesidad de los trabajadores de unirse en defensa de sus intereses es una lección que tiene que aprenderse una y otra vez. El egoísmo y el individualismo (en el sentido burgués de la palabra) son autodestructivos para la clase obrera. La prensa burguesa presenta a los esquiroles como defensores de la "libertad individual" porque a los empresarios les interesa que la clase obrera quede reducida a sus partes componentes, completamente a merced del capital. También en este caso se aplica la ley dialéctica de que el todo es mayor que la suma de las partes. Consciente o inconscientemente, los que presentan el egoísmo como un ideal, o por lo menos como componente de la "naturaleza humana", han adoptado una posición definida ante la lucha entre trabajo asalariado y capital, y no se pueden quejar si se les acusa de proveer grano al molino de la reacción.

Dawkins no ve la evolución como el resultado de una lucha de organismos, sino como una lucha entre genes intentado copiarse a sí mismos. Los cuerpos que los acogen son secundarios. Descarta el principio darwiniano de que el individuo es la unidad de selección. Esta idea es fundamentalmente falsa. La selección natural actúa sobre organismos, sobre cuerpos. Favorece a algunos porque se adaptan mejor al entorno. El gen es un trozo de ADN encerrado en el núcleo celular, cientos de los cuales contribuyen al desarrollo de la mayoría de las partes del cuerpo. Esto a su vez se ve afectado por toda una serie de factores del entorno, internos y externos. La selección natural no actúa directamente sobre las partes, sino sobre organismos porque de alguna manera son más apropiados, es decir, más fuertes, más cálidos, más fieros, más robustos, más ágiles, etc. Si hubiese un gen particular para la calidez u otras cualidades específicas, entonces podría ser que Dawkins tuviese razón. Pero no es el caso. No existe un gen para cada parte de la anatomía. Por ejemplo, las instrucciones para la construcción de la oreja se localizan en toda una serie de genes separados, la mitad de los cuales viene de cada uno de los progenitores.

Como Stephen Gould explicó, la selección natural "acepta o rechaza organismos enteros porque juegos de partes, interaccionando de maneras complejas, les dan ventajas (...) Los organismos son mucho más que una amalgama de genes. Tienen una historia que importa; sus partes interaccionan de maneras

complejas. Los organismos están formados por genes que actúan en concierto, influidos por entornos, trasladados a partes que la selección ve y partes que son invisibles a la selección. Las moléculas que determinan las propiedades del agua son analogías pobres para genes y cuerpos"[226]. Steven Rose coincide con esta crítica a Dawkins.

Los métodos de Dawkins le llevan a hundirse en el pantano del idealismo cuando intenta argumentar que la cultura humana se puede reducir a unidades que él llama *mimes*, que aparentemente, al igual que los genes, se autorreproducen y compiten por la supervivencia. Esto es claramente incorrecto. La cultura humana se transmite de generación en generación a través de la educación en su sentido más amplio. No se hereda biológicamente, sino que cada generación tiene que aprenderla cuidadosamente y desarrollarla. La diversidad cultural no está vinculada a los genes, sino a la historia social. El punto de vista de Dawkins es esencialmente reduccionista.

Las sociedades se componen de organismos; los organismos, de células; las células, de moléculas; y las moléculas, de átomos. Para Dawkins, la naturaleza humana y sus motivaciones se pueden entender analizando el ADN humano. Lo mismo es cierto para James Watson, uno de los descubridores de la doble hélice del ADN, que dijo: "¿Qué más hay aparte de átomos?". No se plantean la existencia de múltiples niveles de análisis o de modos de determinación complejos. Ignoran las relaciones esenciales entre las células y el conjunto del organismo. Este método empírico, que surgió con la revolución científica en la época del nacimiento del capitalismo, fue progresista en su día, pero ahora se ha convertido en un freno para el avance de la ciencia y la comprensión de la naturaleza.

El futuro de la genética

"Hasta hace muy poco, el único acceso a los genes que modelan el mundo natural era a través del cambio en el entorno. Ahora se pueden manipular los genes directamente. Esto hace que el cambio sea fácil, inmediato y comprensible; la tecnología que permite la manipulación genética directa también abre a la inspección la actividad de los genes. Pero al mismo tiempo hace que el cambio sea arbitrario, porque hace posible genes que ningún animal desarrollaría espontáneamente. Estas nuevas técnicas dan a la humanidad poderes sin precedente para cambiar el mundo, y también para cambiarse a sí misma" (*The Economist*, 25/2/95).

En el curso de las últimas tres décadas se han producido avances colosales en el campo de la genética molecular. En 1972 se aisló y reprodujo el primer gen en laboratorio (*clonación*). Las consecuencias fueron tan inquietantes que los científicos estudiaron una moratoria voluntaria en la recombinación de genes clonados

226. S. J. Gould, *The Panda's Thumb*, pp. 77-78.

en el ADN de otros organismos. Pero ahora, la introducción en humanos de genes clonados se ha convertido casi en una rutina. En la primera década del próximo siglo, los científicos conocerán todas las proteínas del cuerpo humano, lo que para bien o para mal tendrá tremendas implicaciones.

Hasta el momento, el gen ha estado rodeado de misterio, como la *cosa en sí* kantiana. El gen era el mascarón de proa del destino humano, implacable, inalterable e insondable. Hablar de los genes no era sólo hablar de nuestra herencia, sino de nuestro destino. Y el destino era un tribunal ante el que no se podía apelar. Hasta ahora. Por primera vez en la historia de la vida en nuestro planeta existe la posibilidad de que los seres humanos controlen su propio destino a los niveles más profundos. A pesar de las sandeces de los genetistas reaccionarios, los genes nunca determinaron completamente la evolución humana. Juegan un papel importante en la vida humana, pero no la controlan. A lo sumo establecen ciertos parámetros que limitan o permiten. Pero ahora, por primera vez, se está poniendo bajo control al propio genotipo. Esta es una perspectiva revolucionaria, preñada de consecuencias para el futuro de la humanidad.

El surgimiento de la vida a partir de la materia inorgánica fue un salto evolutivo de gigante. Después de toda una serie de transformaciones, el desarrollo del cerebro pensante como producto de la vida social y el trabajo colectivo fue otro. La materia adquirió consciencia de sí misma. Ahora, por primera vez en 4.000 millones de años, los seres humanos están en proceso de adueñarse de los secretos de su propia evolución. La selección natural deja de ser una fuerza ciega y misteriosa. Se puede poner al todopoderoso genotipo bajo control del fenotipo. El género humano tiene el potencial de determinar su propio destino y modificar los duros dictados de la selección natural.

"De la misma manera que los organismos son interpretaciones de la información genética en un entorno específico", escribe Oliver Morton, "la utilización de estos conocimientos genéticos dependerá de los entornos (económicos, éticos, personales y políticos) en los que sean usados. Pero, para bien o para mal, se utilizarán. Los genes que limitan y permiten imperiosamente serán controlados por la voluntad humana; se podrán mover los límites, se podrán ampliar los permisos. Los genes nunca han sido los dueños absolutos de la naturaleza humana, pero tampoco han estado al servicio de la humanidad. Hasta ahora" (*The Economist*, 25/2/95).

Es tan inútil lamentarse de estos descubrimientos como lo era para los grupos de obreros desesperados romper las máquinas al principio de la revolución industrial. Los descubrimientos de la ciencia y la técnica son una parte vital del desarrollo de la sociedad, permitiendo a la humanidad tener un mayor control sobre las limitaciones impuestas por la naturaleza. Sólo así la humanidad puede llegar a ser auténticamente libre. El problema no es lo que la mente humana descubra, sino cómo se utilizan los descubrimientos. Los avances científicos abren un nuevo e ilimitado horizonte de desarrollo humano. Pero hay una cara oscura en todo esto. El siglo XX contiene un terrible mensaje de los horrores que puede crear el siste-

ma capitalista en su época de declive histórico. Las técnicas de la ingeniería genética en manos de monopolios sin ningún control, interesados solamente en sacar el máximo beneficio, plantean una amenaza terrible.

Todo el desarrollo tecnológico, que está constantemente rompiendo barreras y uniendo el mundo de una manera nunca vista, es un argumento en favor de una economía mundial planificada. No la monstruosa caricatura del estalinismo, sino una sociedad dirigida democráticamente, en la que hombres y mujeres asuman el control consciente sobre sus vidas y destinos. Una economía armoniosamente planificada que combinase los recursos de todo el planeta abriría una perspectiva de desarrollo ilimitado. Por un lado, tenemos la tarea de cuidar nuestro propio mundo, de hacerlo habitable para los seres humanos, de reparar los destrozos provocados por la irresponsable avidez de beneficios de las multinacionales. Y por otro, tenemos ante nosotros el mayor desafío que nunca se le haya presentado a nuestra especie: la exploración del espacio, vinculada a la supervivencia futura de la humanidad. La ciencia de la ingeniería genética, todavía en su infancia, puede servir en el futuro a las necesidades de los largos viajes espaciales. Ahora esto es pura especulación, pero la historia de los últimos cien años demuestra que ideas que hoy parecen fantásticas se pueden convertir rápidamente en realidad.

Lo que podemos ver en este momento es un *potencial* colosal. En el marco de una economía planificada democráticamente, la ciencia de la genética dejará de ser un estorbo al progreso humano y ocupará el lugar que le corresponde en el estudio y transformación de la propia vida. Esto no es fantasía, sino que se corresponde con las posibilidades reales. En palabras de Oliver Morton:

"Las posibilidades de esta biología son casi infinitas. El mundo natural, incluidos cuerpo y mente humanos, serán maleables. Órganos implantados podrían remodelar el cerebro, virus diseñadores reconstruir tejidos viejos. Ya se están diseñando órganos humanos que crecen en animales, para usarlos en trasplantes. Pueden aparecer nuevos tipos de criaturas, criaturas que nos maravillen. Si la humanidad no puede encontrar seres parecidos en las estrellas, podría crear nuevas inteligencias en la Tierra. La diferencia genética entre el hombre y el chimpancé es pequeña; nuevas especies pensantes no son inconcebibles.

"Todo esto puede ser posible a través de la genética. Pero, al mismo tiempo, la preeminencia de los genes se desvanecerá. Los genes han perdido su posición privilegiada como portadores de información. La información biológica se almacenará en las mentes y en las computadoras al mismo tiempo que en los genes, y los genes serán simplemente uno de los medios de manipular el mundo, apropiados para algunas cosas, pero no para otras, como proteínas terapéuticas (...) Lo que era exclusivo de los genes, ahora está al alcance de la humanidad. Este control puede llegar en poco tiempo a tener el poder que se atribuía a los genes, y más. La misma inteligencia será capaz de modelar el gen y el entorno, que son los que hacen al organismo tal como es. El control biológico de la información a esta escala —de la materia prima y la manera de procesarla— significa el control de la biología, de la propia vida" (*The Economist*, 25/2/95).

CUARTA PARTE: ORDEN EN EL CAOS

16. ¿Reflejan la realidad las matemáticas?

> *El hecho de que nuestro pensamiento subjetivo y el mundo objetivo estén sujetos a las mismas leyes, y por lo tanto, también, que en última instancia no se contradigan entre ellos en sus resultados, sino que tienen que coincidir, gobierna absolutamente todo nuestro pensamiento teórico.*
>
> Engels

El contenido de las matemáticas "puras" se deriva en última instancia del mundo material. La idea de que las verdades matemáticas son un tipo de conocimiento especial que es innato o de inspiración divina no resiste un análisis serio. Las matemáticas tratan sobre las relaciones cuantitativas del mundo real. Sus llamados axiomas sólo nos parecen evidentes porque son producto de un largo período de observación y experimentación de la realidad. Desafortunadamente, muchos de los matemáticos actuales parecen haberlo olvidado. Se engañan al pensar que su tema "puro" no tiene nada que ver con el mundo de las cosas materiales. Este es un ejemplo claro de las consecuencias negativas de llevar la división del trabajo a su extremo.

Desde Pitágoras se han hecho todo tipo de planteamientos extravagantes en nombre de las matemáticas, que han sido consideradas la reina de las ciencias, la llave mágica que abre todas las puertas del universo. Liberándose de todo contacto con el mundo físico, las matemáticas parecían volar por los cielos, donde adquirieron una existencia casi divina, no obedeciendo más que a sus propias leyes. Así, el gran matemático francés Henri Poincaré (1854-1912) podía afirmar a principios de este siglo que las leyes de la ciencia no tenían ninguna relación con el mundo material, sino que representaban convenciones arbitrarias para describir más conveniente y útilmente los fenómenos correspondientes. Muchos físicos modernos declaran abiertamente que sus modelos matemáticos no dependen de la comprobación empírica, sino de las cualidades estéticas de sus ecuaciones.

Las teorías matemáticas han sido, por una parte, fuente de enormes avances científicos y, por la otra, el origen de numerosos errores y malentendidos que han tenido, y siguen teniendo, consecuencias profundamente negativas. El error central es intentar reducir el funcionamiento complejo, dinámico y contradictorio de la naturaleza a fórmulas cuantitativas estáticas y ordenadas. Se presenta la naturaleza de una manera formalista, como un punto unidimensional que se convierte en una línea, en un plano, un cubo, una esfera, etc. Sin embargo, la idea de que las matemáticas puras son pensamiento absoluto, inmaculado y sin contacto con el mundo material está bastante lejos de la realidad. Utilizamos el sistema decimal no por deducción lógica o "libre albedrío", sino porque tenemos diez dedos. La palabra "digital" procede de la palabra latina que significa "dedos". Y hasta hoy en día, un niño cuenta sus dedos a escondidas debajo de la mesa antes de llegar a la solución de un problema matemático abstracto. Al hacerlo, el niño está recorriendo inconscientemente el camino que siguieron los primeros humanos para aprender a contar.

Los orígenes materiales de las abstracciones matemáticas no eran ningún secreto para Aristóteles: "El matemático investiga abstracciones. Elimina todas las cualidades sensatas como peso, densidad, temperatura, etc., dejando sólo las cuantitativas y continuas (en una, dos o tres dimensiones) y sus atributos esenciales". En otra parte dice: "Los objetos matemáticos no pueden existir *aparte* de las cosas sensibles [materiales]". Y también: "No tenemos experiencia de nada que consista en líneas o planos o puntos, como deberíamos tener si estos objetos fuesen sustancias materiales, líneas, etc., pueden ser anteriores *en definición* al cuerpo, pero no son a priori *en sustancia*"[227].

El desarrollo de las matemáticas es el resultado de necesidades humanas bien materiales. El hombre primitivo sólo tenía diez sonidos para los números, precisamente porque contaba, como los niños pequeños, con los dedos. La excepción fueron los mayas, cuyo sistema numérico era en base veinte, probablemente porque contaban también con los dedos de los pies. Al vivir en una sociedad sencilla de cazadores-recolectores, sin dinero ni propiedad privada, nuestros antecesores no tenían ninguna necesidad de números más grandes. Para contar un número mayor que diez, simplemente combinaban algunos de los sonidos relacionados con sus dedos. Así, uno más de diez se expresa en el "uno-diez" (*undecim* en latín, que se transformó en "once") o en "uno por encima" (*ein-lifon* en antiguo teutón, que se transformó en el *eleven* del inglés moderno). Todos los demás números, con la excepción de cien, mil, millón, billón y trillón, son combinaciones de los diez sonidos originales.

Thomas Hobbes, el gran filósofo materialista inglés del siglo XVII, ya había comprendido el auténtico origen de los números: "Según parece, hubo un tiempo en que esos nombres numerales no estaban en uso; los hombres se veían forzados a utilizar los dedos de una o ambas manos para las cosas que deseaban con-

227. Aristóteles, *Metaphysics*, pp. 120, 251 y 253.

tar; y de ello procede que actualmente nuestros términos numerales sean sólo diez en casi todas las naciones, y sólo cinco en algunas, comenzando de nuevo a partir de entonces"[228].

Alfred Hooper explica: "Por la simple razón de que el hombre primitivo inventó el mismo número de sonidos-número como dedos tenía, nuestra escala numeral hoy en día es *decimal*, es decir, una escala basada en *10*, y consistente en una repetición inacabable de los diez primeros sonidos-número (...) Si los hombres hubiesen tenido doce dedos en lugar de diez, sin duda hoy en día tendríamos una escala numeral *duodecimal*, basada en 12, consistente en una repetición inacabable de los doce primeros sonidos-número"[229]. De hecho, un sistema duodecimal tiene ciertas ventajas en comparación con el decimal, puesto que 12 es múltiplo de dos, tres, cuatro y seis, y 10 sólo lo es de dos y cinco.

Los números romanos son representaciones pictóricas de los dedos. Probablemente el símbolo del cinco representa el espacio entre el pulgar y los demás dedos. La palabra cálculo (del latín *calculus*, "guijarro") hace mención al método de contar las piedras ensartadas en un ábaco. Estos y otros muchos ejemplos sirven para ilustrar cómo las matemáticas no surgen del libre funcionamiento de la mente humana, sino de un proceso prolongado de evolución social, de pruebas y errores, observación y experimentación, que gradualmente empieza a separarse como un cuerpo de conocimiento de carácter aparentemente abstracto. De igual manera, nuestros sistemas de pesos y medidas se derivan de objetos materiales. El origen de la unidad de medida inglesa, el pie, es evidente, al igual que el de la pulgada castellana, derivada de pulgar. El origen de los símbolos matemáticos más básicos (+ y –) no tiene nada que ver con las matemáticas. Eran signos utilizados en la Edad Media por los mercaderes para calcular el exceso o la falta de cantidades de productos en los almacenes.

La necesidad de construir viviendas para protegerse de los elementos obligó a los hombres primitivos a encontrar la manera más práctica de cortar madera de tal forma que los extremos encajasen unos con otros. Esto llevó al descubrimiento del ángulo recto y de la escuadra. La necesidad de construir casas en terreno llano llevó a la invención del tipo de niveles encontrados en tumbas egipcias y romanas, formados por tres piezas de madera unidas en un triángulo isósceles, con una cuerda colgando del vértice. Estas herramientas sencillas se utilizaron en la construcción de las pirámides. Los sacerdotes egipcios acumularon gran cantidad de conocimientos matemáticos derivados en última instancia de la actividad práctica.

La misma palabra "geometría" revela sus orígenes prácticos. Significa simplemente "medir la tierra". La virtud de los griegos fue el dar una expresión teórica acabada a estos descubrimientos. Sin embargo, al presentar sus teoremas como el producto puro de la deducción lógica se estaban engañando a sí mismos y a las futuras generaciones. En última instancia, las matemáticas se derivan de la reali-

228. T. Hobbes, *Leviathan*, p. 14.
229. A. Hooper, *Makers of Mathematics*, pp. 4-5.

dad material, y de no ser así no podrían tener ninguna aplicación. Incluso el famoso teorema de Pitágoras (el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos), que todo estudiante conoce, había sido aplicado en la práctica por los egipcios.

CONTRADICCIONES EN MATEMÁTICAS

Engels, y anteriormente Hegel, planteó las numerosas contradicciones implícitas en las matemáticas. Esto ha sido así siempre a pesar de la perfección e infalibilidad casi papal que los matemáticos han atribuido a su "ciencia sublime". Los pitagóricos iniciaron esta tendencia, con su concepción mística del Número y de la armonía del universo. Sin embargo, muy pronto se encontraron con que su mundo armonioso y ordenado estaba lleno de contradicciones, cuya solución les desesperó.

Por ejemplo, se dieron cuenta de que la raíz cuadrada de 2 —la longitud de la diagonal de un cuadrado de lado 1— no se podía expresar usando numeros racionales. Es un número *irracional*, a los que los griegos negaron la categoría de número*, aunque tienen su utilidad. Las matemáticas actuales contienen toda una colección de este tipo de animales extraños, todavía en estado salvaje a pesar de los muchos esfuerzos hechos para domesticarlos, pero que, una vez que se aceptan tal y como son, resultan bastante útiles. Así, tenemos números irracionales, números imaginarios, números trascendentes, números transfinitos, todos con características contradictorias y extrañas, pero todos indispensables para el funcionamiento de la ciencia moderna.

El misterioso π (pi) era bien conocido por los antiguos griegos, y generaciones de estudiantes han aprendido a identificarlo como la razón entre la circunferencia y el diámetro de un círculo. Sin embargo, no se puede calcular su valor exacto. Arquímedes calculó su valor aproximado con el método conocido como "exhaustivo". Era entre 3'14085 y 3'14286. Pero si intentamos escribir su valor exacto tenemos el extraño resultado de π = 3'14159265358979323846264338327950..., y así hasta el infinito. π, un número trascendente, es decir, que no se puede expresar como solución de una ecuación algebraica, es imprescindible para relacionar la circunferencia con el radio. Después tenemos la raíz cuadrada de –1, que no es un número real en absoluto porque ningún número real multiplicado por sí mismo da como resultado –1, ya que negativo por negativo da positivo. Los matemáticos denominan a este número *i*. A este tipo de números (raíces cuadradas de números negativos) se les denomina *imaginarios*. Una criatura de lo más peculiar, pero no una creación de la imaginación, a pesar de su nombre. En el *Anti-Dühring*, Engels plantea lo siguiente:

* Posteriormente, en el siglo X, el filósofo árabe Al-Farabí generalizó el concepto de número a los racionales e irracionales positivos.

"Es una contradicción que una magnitud negativa tenga que ser el cuadrado de algo, pues toda magnitud negativa, multiplicada por sí misma, da un cuadrado positivo. La raíz cuadrada de –1 es, por tanto, no sólo una contradicción, sino un verdadero contrasentido. Y, sin embargo, es un resultado en muchos casos necesario de correctas operaciones matemáticas; aún más: ¿qué sería de la matemática, elemental o superior, si se le prohibiera operar con raíz cuadrada de –1?"[230]. La observación de Engels es todavía más relevante hoy en día. Esta combinación contradictoria de un más y un menos juega un papel totalmente decisivo en la mecánica cuántica, apareciendo en toda una serie de ecuaciones fundamentales para la ciencia moderna.

No hay duda de que las matemáticas implican contradicciones alarmantes. Esto es lo que Hoffmann dice al respecto: "El hecho de que una fórmula de ese tipo tuviera cualquier conexión con ese mundo de estricta experimentación que es el mundo de la física es en sí mismo difícil de creer. Esa iba a ser la fundación de la nueva física, y que fuese a investigar más profundamente que nunca el núcleo mismo de la ciencia y la metafísica es tan increíble como en su tiempo debió parecer la idea de que la Tierra es redonda"[231].

Actualmente la utilización de números "imaginarios" se da por supuesta. La raíz cuadrada de –1 se utiliza en toda una serie de operaciones, como la construcción de circuitos eléctricos. A su vez, los números transfinitos son necesarios para entender la naturaleza del tiempo y el espacio. La ciencia moderna, y especialmente la mecánica cuántica, no puede funcionar sin utilizar conceptos matemáticos de características francamente contradictorias. Por ejemplo, los *cuaterniones*, números que desafían la propiedad conmutativa del producto.

¿Existe el infinito?

La idea de infinito parece difícil de captar, ya que, a primera vista, está más allá de toda experiencia humana. Nuestra mente está acostumbrada a tratar con cosas finitas, reflejadas en ideas finitas. Todo tiene un principio y un final. Este es un pensamiento familiar. Pero lo que es familiar no tiene necesariamente que ser cierto. La historia del pensamiento matemático contiene algunas lecciones muy instructivas al respecto. Durante un largo período, los matemáticos, al menos en Europa, intentaron abolir el concepto de infinito. Sus motivos eran bastante obvios. Aparte de la dificultad evidente a la hora de conceptualizar el infinito, en términos puramente matemáticos implica una contradicción. Las matemáticas tratan con magnitudes definidas. El infinito, por su propia naturaleza, no se puede contar ni medir. Esto quiere decir que hay un auténtico con-

230. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 125-26.
231. B. Hoffmann, *The Strange Story of the Quantum*, p. 95.

flicto entre ambos. Por este motivo, los grandes matemáticos de la antigua Grecia evitaban el infinito como la peste. A pesar de ello, ya los primeros filósofos especularon sobre él. Anaximandro (610-547 a.C.) lo tomó como base de su filosofía.

Las paradojas de Zenón, nacido hacia el 450 a.C., plantean la dificultad inherente en la idea de una cantidad infinitesimal como magnitudes continuas, intentando demostrar que el movimiento es una ilusión. Zenón "refutaba" el movimiento de diferentes maneras. Una se expone en su famosa paradoja de la carrera entre Aquiles y la tortuga. Supongamos que Aquiles corre diez veces más rápido que la tortuga, que sale con 1.000 metros de ventaja. Cuando Aquiles haya cubierto esos 1.000 metros, la tortuga estará 100 metros más adelante; cuando Aquiles haya recorrido esos 100 metros, la tortuga estará 10 metros más adelante; cuando Aquiles haya recorrido esos 10 metros, la tortuga habrá avanzado otro metro, y así hasta el infinito. Cuando dos cuerpos se mueven en la misma dirección y el de atrás, a una distancia dada del otro, se mueve a velocidad mayor que el de delante, asumimos que le alcanzará. Pero, según Zenón, Aquiles nunca adelantaría a la tortuga porque, antes de alcanzar un punto dado, tenía que recorrer la mitad de la distancia. Pero antes de esto tenía también que recorrer la mitad de esa mitad, y así hasta el infinito. Por tanto, como siempre le quedaría una distancia por recorrer, no la alcanzaría.

Las paradojas de Zenón no demuestran que el movimiento sea una ilusión ni que Aquiles en la realidad no alcance a la tortuga, pero revelan brillantemente las limitaciones del método de pensamiento conocido como lógica formal. El intento de eliminar toda contradicción de la realidad, como hicieron los eleáticos, inevitablemente conduce a este tipo de paradojas irresolubles, o antinomias, como las llamó Kant más tarde. Para demostrar que una línea no se podía componer de un número infinito de puntos, Zenón planteó que, si fuese así, Aquiles nunca alcanzaría a la tortuga. Realmente aquí tenemos un problema lógico. Como explica Alfred Hooper:

"Esta paradoja sigue dejando perplejos incluso a aquellos que saben que es posible encontrar la suma de una serie infinita de números formando una progresión geométrica cuya razón común sea menos de 1, y cuyos términos se hagan consecuentemente más y más pequeños y de esta manera 'convergen' en algún valor límite"[232].

De hecho, Zenón había revelado una contradicción del pensamiento matemático, que todavía tendría que esperar dos mil años para encontrar su solución. La contradicción está relacionada con la utilización del infinito. Desde Pitágoras hasta el descubrimiento del cálculo diferencial e integral en el siglo XVII, los matemáticos dieron grandes rodeos para evitar utilizar el concepto de infinito. Sólo el gran genio Arquímedes (287-212 a.C.) estudió el tema, pero siguió evitándolo con un rodeo. Los primeros atomistas, empezando por Leu-

232. A. Hooper, *Makers of Mathematics*, p. 237.

cipo, quizás un discípulo de Zenón, plantearon que los átomos "indivisibles e infinitos en número, se mueven incesantemente en un espacio vacío de dimensiones infinitas".

La física moderna acepta que el número de instantes entre dos segundos es infinito, igual que el número de instantes en un período de tiempo que no tenga principio ni fin. El propio universo se compone de una cadena infinita de causas y efectos, en constante cambio, movimiento y desarrollo. Esto no tiene nada en común con la cruda y unilateral noción de infinito como una serie infinita de números de la aritmética simple, en la que el "infinito" tiene siempre un "principio" en el número 1. Esto es lo que Hegel denominó el *mal infinito*.

Arquímedes, el más grande matemático griego, hizo uso efectivo de los irracionales en geometría, pero consideraba que la idea de números infinitamente grandes o pequeños carecía de fundamento lógico. De forma parecida, Aristóteles planteó que, en la medida en que un cuerpo tiene que tener una forma, tiene que estar limitado, y por lo tanto no puede ser infinito. Aunque aceptaba que había dos tipos de infinitos "potenciales" —adición sucesiva aritméticamente (infinitamente grande) y sucesivas subdivisiones geométricamente (infinitamente pequeño)— polemizó con otros geómetras que sostenían que un segmento de una línea se compone de una cantidad infinita de infinitesimales fijos, o indivisibles.

Esta negación del infinito fue una barrera al desarrollo de las matemáticas en la Grecia clásica. En contraste, los matemáticos de la India no tenían tantos escrúpulos, e hicieron grandes avances que llegaron posteriormente a Europa a través de los árabes. El intento de abolir la contradicción del pensamiento, de acuerdo con los rígidos esquemas de la lógica formal, retrasó el desarrollo de las matemáticas. Pero el espíritu aventurero del Renacimiento abrió la mente humana a nuevas posibilidades que eran de hecho infinitas. En su libro *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos ciencias nuevas*, publicado en 1638, Galileo planteó que cada número entero sólo tiene un cuadrado perfecto y que cada cuadrado perfecto es el cuadrado de un único entero positivo. Así, en cierto sentido, hay tantos cuadrados perfectos como enteros positivos. Esto nos lleva inmediatamente a una contradicción lógica. Contradice el axioma de que el todo es mayor que cualquiera de sus partes, puesto que no todos los enteros positivos son cuadrados perfectos, y todos los cuadrados perfectos forman parte de los enteros positivos.

Esta es sólo una de las numerosas paradojas que han llenado las matemáticas desde el Renacimiento, cuando los hombres empezaron a someter sus pensamientos y suposiciones a un análisis crítico. Como resultado de esto, lentamente y enfrentándose a la tozuda resistencia de las mentes conservadoras, los axiomas supuestamente inabordables y las "verdades eternas" de las matemáticas han sido derrocados uno tras otro. Llegamos a un punto en que se ha demostrado que los cimientos son inseguros y que el edificio necesita una reconstrucción a fondo sobre pilares más firmes, y a la vez más flexibles, que ya están en proceso de construcción y que inevitablemente tendrán un carácter dialéctico.

EL CÁLCULO

Muchos de los llamados axiomas de las matemáticas griegas clásicas ya habían sido minados por el descubrimiento del cálculo diferencial e integral, el mayor punto de inflexión en las matemáticas desde la Edad Media. Así, uno de los axiomas de la geometría plantea que la longitud y el diámetro de una circunferencia son absolutamente opuestos y matemáticamente inconmensurables, es decir, que uno no se puede expresar en términos del otro. Sin embargo, en última instancia, ambas magnitudes se consideran iguales en el cálculo diferencial. Como Engels señala, las bases para esto ya se habían puesto mucho antes de que fuera elaborado por Leibniz y Newton: "El punto de viraje en las matemáticas fue la *magnitud variable de Descartes*. Con ella vino el *movimiento*, y por lo tanto la *dialéctica* en las matemáticas, y *en el acto, además por necesidad, el cálculo diferencial e integral*, que además, empieza enseguida, y que en general fue completado por Newton y Leibniz, no descubierto por ellos"[233].

El descubrimiento del cálculo abrió un nuevo horizonte para las matemáticas y la ciencia. Una vez que se levantaron los viejos tabúes y prohibiciones, los matemáticos se sintieron libres para investigar áreas vírgenes. Pero utilizaron números infinitamente pequeños y grandes de manera acrítica, sin considerar sus implicaciones lógicas y conceptuales. La utilización de cantidades infinitamente pequeñas e infinitamente grandes se consideraba como una especie de "ficción útil" que, precisamente porque no estaba clara del todo, siempre daba los resultados correctos. En la sección sobre *Cantidad* del primer volumen de *Ciencia de la Lógica*, Hegel plantea cómo, mientras que la introducción del infinito matemático abrió nuevos horizontes para las matemáticas y llevó a resultados importantes, siguió sin explicarse porque chocaba con las tradiciones y métodos existentes:

"Pero, en el método del infinito matemático, la matemática encuentra una contradicción radical al mismo método que le es característico y en el que se basa como ciencia. Porque el cálculo del infinito admite, y exige, métodos de procedimiento que las matemáticas, cuando operan con magnitudes finitas, tienen que rechazar de plano, y al mismo tiempo trata estas magnitudes infinitas como *quanta* [cantidades] finitas, intentando aplicar a los primeros los mismos métodos que son válidos para estas últimas"[234].

El resultado fue un largo período de controversia sobre la validez del cálculo. Berkeley denunció ya que estaba en abierta contradicción con las leyes de la lógica. Newton, que utilizó el nuevo método en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*, se sintió obligado a esconder este hecho del público por miedo a una reacción adversa. A principios del siglo XVIII, Bernard Fontenelle, finalmente, tuvo el coraje de afirmar categóricamente que, ya que existe una cantidad infinita de números naturales, existe un infinito tan ciertamente como que existen

233. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 206.
234. Hegel, *The Science of Logic*, p. 257.

números finitos, y que el recíproco de infinito es infinitesimal. Sin embargo, Georges de Buffon le contradijo, planteando que el infinito era una ilusión. Incluso el gran intelecto de D'Alembert fue incapaz de aceptar esta idea. En su artículo sobre el diferencial en la *Enciclopedia*, negaba la existencia del infinito, excepto en el sentido negativo de un límite a cantidades finitas.

De hecho, el concepto de *límite* fue introducido en un intento de salvar la contradicción inherente al infinito. Fue especialmente popular en el siglo XIX, cuando los matemáticos ya no se conformaban con aceptar a ciegas el cálculo, como se había conformado la generación anterior. El cálculo diferencial planteaba la existencia de magnitudes infinitesimales de diferentes órdenes (un primer diferencial, un segundo diferencial, y así hasta el infinito). Introduciendo el concepto de límite, al menos crearon la apariencia de que no se implicaba un infinito real. La intención era hacer que la idea de infinito pareciese subjetiva, negar su objetividad. Se decía que las variables eran *potencialmente* infinitamente pequeñas, en la medida en que podían llegar a ser menores que cualquier cantidad dada, o *potencialmente* infinitas, en la medida en que podían llegar a ser mayores que cualquier magnitud prefijada. En otras palabras, ¡"tan grande o tan pequeño como quieras"! Este juego de manos no solucionaba la dificultad, sino que sólo proporcionaba una hoja de parra para cubrir las contradicciones lógicas acarreadas por el cálculo.

El gran matemático alemán Karl Friedrich Gauss (1777-1855) estuvo dispuesto a aceptar el infinito matemático, pero se horrorizó ante la idea de la infinitud real. Sin embargo, su contemporáneo Bernhard Bolanzo, partiendo de la paradoja de Galileo, empezó un estudio de las paradojas implícitas en la idea de un "infinito completo". Este trabajo fue desarrollado por Richard Dedekind (1813-1916), que caracterizó el infinito como algo positivo y planteó que, de hecho, el conjunto de números positivos se puede considerar como negativo (es decir, como no infinito). Finalmente, Georg Cantor (1845-1918) fue más allá de la definición de conjuntos infinitos y desarrolló una aritmética totalmente nueva de números *transfinitos*. Los artículos de Cantor desde 1870 son una reseña de toda la historia del infinito, empezando por Demócrito. A partir de aquí se desarrolló toda una nueva rama de las matemáticas basada en la teoría de los conjuntos.

Cantor demostró que los puntos de un área, independientemente de lo grande que ésta sea, o de un volumen o un continuo de dimensión incluso mayor se pueden aparejar con los puntos de una línea o de un segmento, independientemente de lo pequeño que pueda ser la línea o el segmento. De la misma manera que no hay ningún último número finito, no puede haber ningún último número transfinito. Por lo tanto, después de Cantor no cabe discutir el papel central del infinito en las matemáticas. Es más, su trabajo reveló una serie de paradojas que han llenado las matemáticas modernas y todavía están pendientes de resolución.

Todo análisis científico moderno se basa en el concepto de continuidad, es decir, que entre dos puntos en el espacio existe un número infinito de otros puntos, y también que entre dos momentos en el tiempo hay un número infinito de otros momentos. Sin estas afirmaciones, las matemáticas modernas simplemente

no podrían funcionar. Sin embargo, estos conceptos contradictorios hubieran sido rechazados con indignación, o al menos observados con sospecha, por las generaciones anteriores. Sólo el genio dialéctico de Hegel (que, por cierto, era un gran matemático) fue capaz de anticipar todo esto en su análisis de lo finito e infinito, tiempo, espacio y movimiento.

A pesar de todas las evidencias, muchos matemáticos modernos siguen negando la objetividad del infinito, aunque aceptan su validez como fenómeno de las matemáticas "puras". Este tipo de división no tiene sentido. Si las matemáticas no reflejasen el mundo objetivo y real, ¿de qué servirían? Hay cierta tendencia entre los matemáticos modernos (e increíblemente también entre los físicos teóricos) a recurrir al idealismo en su forma más mística, alegando que la validez de una ecuación depende meramente de su valor estético, no de su relación con el mundo material.

El que las operaciones matemáticas se puedan aplicar al mundo real y obtener resultados que tengan un significado indica que existe una afinidad entre ambos. Si no fuese así, las matemáticas no tendrían una aplicación práctica, lo cual no es el caso. Si el infinito se puede, y debe, utilizar en las matemáticas modernas es porque se corresponde con la existencia del infinito en la propia naturaleza, que se ha impuesto sobre las matemáticas como un huésped al que nadie ha invitado, a pesar de todos los intentos de cerrarle las puertas.

La razón por la que les llevó tanto tiempo a los matemáticos aceptar el infinito la explica Engels:

"Está claro que la infinitud que tiene un final, pero no tiene un comienzo, no es ni más ni menos infinita que la que tiene un comienzo y no tiene un final. La más modesta comprensión dialéctica habría debido decir al señor Dühring que el comienzo y el final van necesariamente juntos como el Polo Norte y el Polo Sur, y que cuando se prescinde del final el comienzo se convierte en final, es decir, en *un* final de la sucesión, y a la inversa. Toda esa ilusión sería imposible sin la costumbre matemática de operar con sucesiones infinitas. Como en la matemática hay que partir de lo determinado y finito para llegar a lo indeterminado y desprovisto de final, todas las sucesiones matemáticas, positivas o negativas, tienen que empezar con un uno para poder calcular con ellas. Pero la necesidad ideal del matemático está muy lejos de ser una ley necesaria y constrictiva del mundo real"[235].

CRISIS DE LAS MATEMÁTICAS

Desde la escuela se nos enseña a ver las matemáticas, con sus "axiomas" evidentemente verdaderos y sus deducciones rigurosamente lógicas, como la última palabra de la exactitud científica. En 1900 todo esto parecía cierto, aunque en el

235. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 53.

Congreso Internacional de Matemáticos que se celebró ese año David Hilbert planteó una lista de los veintitrés problemas matemáticos no resueltos más importantes. Desde ese momento las cosas se han ido complicando hasta el punto de poder hablar de una auténtica crisis en las matemáticas teóricas. En su libro ampliamente leído *Mathematics, The Loss of Certainty* (Matemáticas, la pérdida de la certidumbre), publicado en 1980, Morris Klein describe así la situación:

"Las extrañas geometrías y extrañas álgebras, creaciones de comienzos del siglo XIX, forzaron a los matemáticos a admitir, de mala gana y a regañadientes, que las matemáticas propiamente dichas y las leyes matemáticas de la ciencia no eran verdades. Encontraron, por ejemplo, que había varias geometrías diferentes que se acomodaban igualmente bien a la experiencia espacial. Todas no podían ser verdades. Aparentemente no había un diseño matemático inherente a la naturaleza, o si lo había las matemáticas del hombre no eran necesariamente la descripción de aquel diseño. Se había perdido la clave de la realidad. Esta constatación fue la primera de las calamidades que acontecieron a las matemáticas.

"La creación de estas nuevas geometrías y álgebras provocó en los matemáticos una conmoción de otra naturaleza. La convicción de estar obteniendo verdades estaba hasta tal punto arraigada en ellos que se habían apresurado impetuosamente a asegurar sus aparentes verdades a costa de razonamientos sólidos. La constatación de que las matemáticas no constituían un cuerpo de verdades quebró su confianza en lo que habían creado, por lo que se pusieron a revisar sus creaciones. La consternación fue general al descubrir que la lógica de las matemáticas estaba en baja forma".

A principios del siglo XX intentaron resolver los problemas no resueltos, despejar las contradicciones y elaborar un nuevo e infalible sistema de matemáticas. Como explica Klein:

"En 1900 los matemáticos creían haber logrado su meta. Aunque tuvieran que contentarse con una concepción de las matemáticas como descripción aproximada de la naturaleza y muchos hubieran abandonado incluso la creencia en el diseño matemático de ésta, se recreaban en su reconstrucción de la estructura lógica de las matemáticas. Pero antes de que hubieran terminado de brindar por su presunto éxito se habían descubierto ya contradicciones en las matemáticas reconstruidas. Estas contradicciones fueron calificadas comúnmente de paradojas, eufemismo que evita enfrentarse al hecho de que las contradicciones vician la lógica de las matemáticas.

"La resolución de estas contradicciones fue acometida casi inmediatamente por los principales matemáticos y filósofos de la época. En efecto, se concibieron, formularon y propusieron cuatro enfoques diferentes de las matemáticas, cada uno de las cuales congregó a muchos adeptos. Todas estas escuelas, cuyas doctrinas hacían referencia a los fundamentos, trataban no sólo de resolver las contradicciones conocidas, sino también de asegurar que no pudieran aparecer otras nuevas, es decir, trataban de establecer la consistencia de las matemáticas. La acepta-

ción de algunos axiomas y de algunos principios de la lógica deductiva se convirtió también en un motivo de discordia en torno al cual las diferentes escuelas tomaron posiciones diferentes".

El intento de eliminar las contradicciones de las matemáticas sólo llevó a nuevas e insolubles contradicciones. El golpe final lo dio Kurt Gödel con la publicación en 1930 de sus famosos teoremas, que provocaron una crisis y pusieron en cuestión incluso los métodos fundamentales de las matemáticas clásicas:

"Todavía en 1930 un matemático habría podido quizás contentarse con aceptar uno u otro de los diversos fundamentos de las matemáticas y declarar que sus demostraciones matemáticas al menos eran acordes con los principios de esa escuela. Pero el desastre se cernió de nuevo bajo la forma del famoso artículo de Kurt Gödel en el que se probaba, entre otros importantes y perturbadores resultados, que los principios lógicos aceptados por las distintas escuelas no podían probar la consistencia de las matemáticas. Gödel demostró que esto no se podía hacer sin invocar principios lógicos tan dudosos como la cuestión que se deseaba resolver. Los teoremas de Gödel provocaron un desastre. Los desarrollos posteriores trajeron nuevas complicaciones. Por ejemplo, incluso en el método axiomático-deductivo, tan bien visto en el pasado como la aproximación al conocimiento exacto, empezaron a verse fallos. El efecto de los nuevos descubrimientos iba a aumentar la variedad de las posibles concepciones de las matemáticas y a dividir a los matemáticos en un número aún mayor de facciones diferentes"[236].

El *impasse* de las matemáticas ha creado toda una serie de escuelas y facciones diferentes, ninguna de las cuales acepta las teorías de las otras. Hay platónicos (sí, es cierto), que consideran las matemáticas como una verdad absoluta ("Dios es un matemático"). Hay conceptualistas, cuya concepción de las matemáticas es completamente diferente de la de los platónicos, pero es meramente la diferencia entre idealismo subjetivo y objetivo: ven las matemáticas como una serie de estructuras, modelos y simetrías que la gente se ha inventado para sus propios fines; en otras palabras, las matemáticas no tienen base objetiva, ¡sino que son simplemente el producto de la mente humana! Esta teoría parece ser popular en Gran Bretaña.

También tenemos la escuela formalista, constituida a principios del siglo XX con el propósito declarado de acabar con las contradicciones en las matemáticas. David Hilbert, uno de sus pioneros, veía las matemáticas simplemente como la manipulación de símbolos, según unas reglas específicas, para producir un sistema de afirmaciones tautológicas que tienen una consistencia interna pero ningún tipo de sentido. Aquí las matemáticas se reducen a un juego intelectual, como el ajedrez (otra vez un punto de vista totalmente subjetivo). La escuela intuicionista también está decidida a separar las matemáticas de la realidad objetiva. Según esta gente, una fórmula matemática no representa nada que exista independien-

236. Citado en T. Ferris, *op. cit.*, pp. 521-22.

temente del propio acto del cómputo. Esto se ha comparado con el intento de Bohr de utilizar los descubrimientos de la mecánica cuántica para introducir nuevos puntos de vista sobre las cantidades matemáticas y físicas como divorciadas de la realidad objetiva.

Todas estas escuelas tienen en común una visión totalmente idealista de las matemáticas. La única diferencia es que los neoplatónicos son idealistas objetivos, piensan que las matemáticas se originaron en la mente de Dios, y el resto (intuicionistas, formalistas y conceptualistas) cree que son una creación subjetiva de la mente humana, vacía de cualquier significado objetivo. Este es el triste espectáculo que nos ofrecen las principales escuelas matemáticas en la última década del siglo XX. Pero la historia no se acaba aquí.

Caos y complejidad

En los últimos años, la limitación de los modelos matemáticos a la hora de expresar el funcionamiento real de la naturaleza ha sido objeto de un intenso debate. Las ecuaciones diferenciales, por ejemplo, representan la realidad como un continuo en el que los cambios de tiempo y lugar se producen uniforme e ininterrumpidamente. No queda lugar para cambios cualitativos o rupturas bruscas, pero sin embargo se dan en la naturaleza. El descubrimiento en el siglo XVIII del cálculo diferencial e integral representó un gran avance. Pero incluso los modelos matemáticos más avanzados son solamente una aproximación basta a la realidad, válida solamente dentro de ciertos límites. El reciente debate sobre caos y anticaos se ha centrado en aquellas áreas que implican rupturas de la continuidad, cambios "caóticos" repentinos que las fórmulas matemáticas clásicas no pueden expresar correctamente.

La diferencia entre orden y caos tiene que ver con relaciones lineales y no lineales. Una relación lineal se puede describir matemáticamente de forma sencilla, expresándose de una u otra manera como una línea recta en una gráfica. Las matemáticas pueden ser complejas, pero las soluciones se pueden predecir y calcular. Sin embargo, una relación no lineal no tiene una solución matemática fácil. No la describe ninguna línea recta en una gráfica. Las relaciones no lineales históricamente han sido difíciles o imposibles de resolver, y a menudo han sido ignoradas como errores experimentales. Refiriéndose al famoso experimento del péndulo, James Gleick escribe que la regularidad observada por Galileo era solamente una aproximación. El ángulo cambiante del cuerpo en movimiento crea una ligera no linealidad en las ecuaciones. A baja amplitud, el error es prácticamente inexistente. Pero está ahí. Para obtener resultados exactos, Galileo tuvo que descartar no linealidades que conocía: la fricción y la resistencia del aire.

La mayor parte de las matemáticas clásicas se basan en relaciones lineales abstraídas de la vida real como leyes científicas. Pero dado que el mundo real está gobernado por relaciones no lineales, estas leyes a menudo no son más que apro-

ximaciones que se van afinando constantemente mediante el descubrimiento de "nuevas" leyes. Estas leyes son modelos matemáticos, construcciones teóricas cuya única justificación reside en la visión que nos dan de las fuerzas naturales y su utilidad a la hora de controlarlas. En los últimos veinte años, la revolución en la tecnología informática ha transformado la situación, haciendo accesibles las matemáticas no lineales. Por este motivo, en diferentes facultades y centros de investigación, matemáticos y otros científicos han podido llegar a calcular sistemas "caóticos" que en el pasado eran imposibles de calcular.

El libro de James Gleick *Caos, la creación de una ciencia* describe cómo los diferentes investigadores han estudiado a fondo sistemas caóticos utilizando toda una serie de modelos matemáticos diferentes, y sin embargo todos los estudios apuntan en una misma dirección: que existe un "orden" en lo que antes se creía que era puro "desorden". La historia empieza con los estudios sobre modelos del tiempo meteorológico, en una simulación por ordenador, del meteorólogo norteamericano Edward Lorenz. Utilizando en un principio doce variables, y luego solamente tres, en un sistema de ecuaciones no lineales, Lorenz fue capaz de producir en su ordenador una serie continua de condiciones en constante cambio, pero sin repetir dos veces las mismas condiciones. Con reglas matemáticas relativamente simples, había creado "caos".

Empezando con cualquier tipo de parámetros elegidos por Lorenz, su ordenador repetiría los mismos cálculos una y otra vez, y sin embargo sin llegar nunca al mismo resultado. Esta ausencia de ciclos regulares es característica de todos los sistemas caóticos. Al mismo tiempo, Lorenz se dio cuenta de que a pesar de que los resultados eran siempre diferentes, por lo menos se podía sugerir que afloraban ciertos "modelos": condiciones que se aproximaban a las que ya se habían observado previamente, aunque nunca eran exactamente las mismas. Eso se corresponde con la experiencia que todos tenemos sobre el tiempo meteorológico real, en contraposición a las simulaciones por ordenador: hay ciertos "modelos", pero no hay dos días ni dos semanas en los que el tiempo sea el mismo.

Otros científicos también han descubierto "modelos" en sistemas aparentemente caóticos tan diferentes como el estudio de las órbitas galácticas y la modelización matemática de osciladores electrónicos. Gleick observa que, en estos y otros casos, se "sugerían estructuras en medio de comportamientos aparentemente casuales". Cada vez se fue haciendo más obvio que los sistemas caóticos no eran necesariamente estables ni tenían por qué prolongarse por un período indefinido. La conocida "mancha roja" en la superficie de Júpiter es un ejemplo de un sistema continuamente caótico que es estable. Es más, se ha simulado en estudios por ordenador y en modelos de laboratorio. Así, "un sistema complejo puede dar paso a turbulencias y cohesión al mismo tiempo". Mientras, otros científicos utilizaron diferentes modelos matemáticos para estudiar fenómenos aparentemente caóticos en biología. Uno en concreto realizó un estudio de los cambios de población bajo una serie de condiciones. Se utilizaron variables estándar familiares para los biólogos, junto con algunas de las relaciones no lineales, tal y como serían en

la naturaleza. Esta no linealidad podría corresponder, por ejemplo, a una característica única de la especie, que se podría definir como una propensión a propagarse, su "instinto de conservación".

Estos resultados se expresaron en una gráfica con el tamaño de la población en el eje de ordenadas y el valor de los componentes no lineales en el eje de abscisas. Se observó que a medida que la no linealidad se hacía más importante, incrementando ese parámetro particular, la población proyectada pasaba por una serie de fases distintivas. Por debajo de cierto nivel crucial, no habría población viable e, independientemente del punto de partida, el resultado sería la extinción. La gráfica simplemente seguiría un trazo horizontal correspondiente a población cero. La siguiente fase era un estado estacionario, representado gráficamente por una sola línea curva creciente. Este es el equivalente a una población estable, a un nivel que dependía de las condiciones iniciales. En la siguiente fase habría dos poblaciones diferentes pero fijas, dos estados estacionarios. Esto se representaba en la gráfica como una ramificación. Sería el equivalente en las poblaciones reales a una oscilación periódica regular, en un ciclo bianual. A medida que se iba incrementando el grado de no linealidad, se producía un rápido aumento de las bifurcaciones, primero correspondiendo a cuatro estados estacionarios (un ciclo de cuatro años) y después, muy rápidamente, 8, 16, 32 y sucesivamente.

De aquí que, con un pequeño aumento de valores del parámetro no lineal, se desarrollaba una situación que a todos los efectos prácticos no tenía ningún estado estacionario ni ninguna periodicidad reconocible; la población había pasado a ser "caótica". También se observó que si se incrementaba más la no linealidad, a través de la fase "caótica", aparecían períodos en los que se recuperaban estados aparentemente estacionarios, basados en ciclos de 3 ó 7 años, pero en cada caso dando paso, a medida que se incrementaba la no linealidad, a nuevas bifurcaciones representando ciclos de 6, 12 y 24 años en el primer caso, o ciclos de 14, 28 y 56 años en el segundo. De esta manera, con precisión matemática, era posible planear un cambio de la estabilidad de un solo estado (ya fuese estacionario o regular), es decir, de un comportamiento periódico a otro que era, a efectos de medición, aleatorio o no periódico.

Esto puede indicar una posible solución a los debates en el campo de la ciencia de las poblaciones entre los que creen que las variaciones de población impredecibles son una aberración respecto a la "norma de estado estacionario" y los que creen que el estado estacionario es una aberración respecto de la "norma caótica". Estas diferentes interpretaciones pueden surgir porque diferentes investigadores hayan tomado una "rebanada" de la gráfica, correspondiente a un solo valor de la no linealidad. Así, una especie podría tener como norma una población estacionaria, o periódicamente oscilante, y otra puede exhibir una variabilidad caótica. Estos desarrollos en biología son otra indicación, como explica Gleick, de que "el caos es estable; está estructurado". Se empezaron a descubrir resultados similares en una amplia gama de fenómenos diferentes. "Se encontró caos determinista en los registros de epidemias de sarampión en Nueva York y

en 200 años de oscilación de la población de linces en Canadá, según los registros de los cazadores de la Compañía de la Bahía de Hudson". En todos estos casos de procesos caóticos existe la "duplicación de períodos" característica de este modelo matemático concreto.

LOS FRACTALES DE MANDELBROT

Otro de los pioneros de la teoría del caos, Benoit Mandelbrot, matemático de la IBM, utilizó otra técnica matemática. Buscó, y encontró, "modelos" en toda una serie de procesos naturales "casuales". Descubrió, por ejemplo, que el "ruido" de fondo de las transmisiones telefónicas sigue un modelo completamente impredecible, o caótico, pero que sin embargo se puede definir matemáticamente. Utilizando un ordenador, Mandelbrot fue capaz de crear gráficamente sistemas caóticos utilizando solamente las reglas matemáticas más simples. Estos dibujos, conocidos como *conjuntos de Mandelbrot*, demostraban una complejidad infinita, y cuando se planteó aumentar el detalle en el ordenador que los estaba dibujando, la vasta y aparentemente infinita variedad continuaba.

Los conjuntos de Mandelbrot han sido descritos como el objeto o modelo matemático posiblemente más complejo nunca visto. Y sin embargo en su estructura existían modelos. Aumentando repetidamente la escala y observándolos cada vez con mayor detalle (algo que el ordenador puede hacer indefinidamente porque toda la estructura se basaba en un conjunto dado de reglas matemáticas), se podía observar que había repeticiones sistemáticas (similitudes) a diferentes escalas. El "grado de irregularidad" es el mismo a diferentes escalas. Mandelbrot utilizó la palabra "fractal" para describir los modelos que eran evidentes en la irregularidad. Fue capaz de construir toda una serie de formas fractales alterando ligeramente las reglas matemáticas. Así, fue capaz de crear una simulación por ordenador de una línea costera que a cualquier escala tenía siempre el mismo grado de "irregularidad" o "arrugamiento".

Mandelbrot comparó sus sistemas inducidos por ordenador con ejemplos de geometría que también tienen formas fractales, repitiendo el mismo modelo una y otra vez a diferentes escalas. Por ejemplo, el área de la superficie de la llamada *esponja de Menger* tiende al infinito, mientras que el volumen real de la esponja tiende a cero. Es como si el grado de irregularidad se correspondiera con la "eficacia" de la esponja a la hora de ocupar espacio. Estos ejemplos no están tan traídos por los pelos como pueda parecer, porque, como Mandelbrot explicó, hay muchos ejemplos de geometría fractal en la naturaleza. La ramificación de la tráquea para hacer dos bronquios y su sucesiva ramificación hasta el nivel de estrechas ranuras por donde pasa el aire en los pulmones sigue un modelo fractal, al igual que la ramificación de los vasos sanguíneos. En otras palabras, existe una "autosemejanza", un modelo geométrico repetitivo de ramificación, no importa a qué escala lo observemos.

Los ejemplos de geometría fractal en la naturaleza, como Mandelbrot trató de demostrar en su libro *La geometría fractal de la naturaleza*, son casi infinitos. Se ha descubierto que el ritmo del latido normal del corazón sigue leyes fractales, quizás debido a la disposición fractal de las fibras nerviosas en el músculo del corazón. Lo mismo se aplica a los rápidos movimientos involuntarios de los ojos característicos de la esquizofrenia. Hoy en día se utilizan las matemáticas fractales en una amplia gama de campos científicos, incluidas la fisiología y disciplinas tan separadas como el estudio de los terremotos y la metalurgia.

Se han encontrado otros indicios de los fundamentos deterministas del caos en los estudios de transiciones de fase y en lo que los modelistas matemáticos llaman *atractores*. Hay muchos ejemplos de transiciones de fase. Puede ser el paso del fluido uniforme y "laminar" a un flujo turbulento, la transición de sólido a líquido o de líquido a gas, o el cambio de conductividad a superconductividad. Estas transiciones de fase pueden tener consecuencias cruciales en el diseño tecnológico y la construcción. Por ejemplo, un avión perdería fuerza de sustentación si el flujo laminar del aire sobre el ala pasase a ser turbulento; de igual forma, la presión necesaria para bombear agua dependerá de si el flujo en la tubería es o no turbulento.

Los diagramas de fase-escala y los atractores son otra herramienta matemática con gran variedad de aplicaciones en sistemas aparentemente fortuitos. Como en el caso de otros estudios del caos, se han descubierto modelos comunes, en este caso "atractores extraños", en diferentes programas de investigación, incluidos osciladores eléctricos, dinámica de fluidos e incluso la distribución de las estrellas en los cúmulos globulares. Todas estas herramientas matemáticas (duplicación de períodos, geometría fractal, atractores extraños) se desarrollaron en momentos diferentes por diferentes investigadores examinando la dinámica caótica. Pero todos sus resultados apuntan en la misma dirección: existen unas leyes matemáticas subyacentes en lo que siempre se había considerado casual.

El matemático Mitchell Feigenbaum, atando una serie de cabos, ha desarrollado lo que él llama una "teoría universal" del caos. Como Gleick afirma: "Creyó que esta teoría expresaba una ley natural sobre sistemas en el punto de transición entre el orden y la turbulencia (...) su universalidad no era sólo cualitativa, era cuantitativa (...) se extendía no sólo a modelos, sino a números concretos".

Los marxistas reconocerán aquí la ley dialéctica de la transformación de cantidad en calidad, que describe la transición entre un período de desarrollo más o menos gradual, en el que el cambio se puede medir o "cuantificar", y el siguiente, en el que el cambio ha sido tan "revolucionario", ha habido tal "salto", que se ha alterado la *calidad* del sistema. La utilización por Gleick de términos con un significado similar es una indicación más de que la ciencia moderna se está deslizando hacia el materialismo dialéctico.

El aspecto central de la nueva ciencia es que estudia el mundo tal y como es en realidad: un sistema dinámico en constante cambio. Las matemáticas clásicas, lineales, son como la lógica formal, que estudia las cosas en categorías fijas e

inmutables. Son suficientes como aproximaciones, pero no reflejan la realidad. Sin embargo, la dialéctica es la lógica del cambio, de los procesos; y como tal representa un avance respecto al formalismo. De la misma manera, las matemáticas del caos son un paso adelante respecto a la ciencia bastante "irreal" que ignoraba las incómodas irregularidades de la vida.

CANTIDAD Y CALIDAD

La idea de la transformación de la cantidad en calidad se encuentra implícita en las matemáticas modernas en el estudio de la continuidad y la discontinuidad. Esto ya estaba presente en la nueva rama de la geometría, la topología ("la geometría de la tela de goma"), inventada a principios de siglo por Henri Poincaré. La topología son las matemáticas de la continuidad. Como explica Ian Steward: "La continuidad es el estudio de los cambios uniformes, graduales, la ciencia de lo continuo. Las discontinuidades son repentinas, dramáticas: sitios en los que un cambio minúsculo en la causa provoca un cambio enorme en el efecto"[237].

Los libros de texto de matemáticas nos dan una idea errónea de cómo es el mundo en realidad, de cómo funciona la naturaleza. "La intuición matemática, que tanto se cultiva", escribió Robert May, "equipa mal al estudiante para enfrentarse con el extravagante comportamiento del más sencillo de los sistemas no lineales"[238]. Mientras que la geometría elemental de la escuela nos enseña a considerar cuadrados, círculos, triángulos y paralelogramos como cosas totalmente separadas, la topología los trata como lo *mismo*. La geometría tradicional nos enseña que no se puede cuadrar el círculo. Sin embargo, éste no es el caso para la topología. Las rígidas líneas de demarcación se rompen: un cuadrado se puede transformar ("deformar") en un círculo. A pesar de los espectaculares avances científicos del siglo XX, es sorprendente ver cómo gran cantidad de fenómenos que parecerían bastante simples no se comprenden correctamente y no se pueden expresar en términos matemáticos, por ejemplo, el tiempo meteorológico, el flujo de los líquidos, la turbulencia. Las formas de la geometría clásica son inadecuadas para expresar las superficies extremadamente irregulares y complejas que podemos encontrar en la naturaleza, como explica Gleick:

"La topología estudia las propiedades que siguen inalteradas cuando las formas se desfiguran por torsión, extensión o compresión. No se interesa en si la forma es cuadrada o redonda, grande o pequeña, porque la deformación cambia tales atributos. Los topólogos se preocupan de si está acoplada, tiene agujeros o está anudada o enredada. Conciben las superficies no en los universos euclidia-

237. I. Stewart, *op. cit*., p. 63.
238. Citado en J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, pp. 87-88.

nos unidimensional, bidimensional y tridimensional, sino en espacios de dimensiones múltiples, imposibles de imaginar de manera visible. La topología es la geometría en trozos de goma. Se preocupa de lo cualitativo más que de lo cuantitativo"[239].

Las ecuaciones diferenciales tratan de la velocidad de cambio de posición de una variable de la ecuación con respecto a otra. Esto es más difícil de expresar de lo que podría parecer a primera vista. Muchas ecuaciones diferenciales no se pueden resolver. Estas ecuaciones pueden describir el movimiento, pero sólo como un cambio uniforme de posición, de un punto a otro, sin saltos repentinos ni interrupciones. Sin embargo, en la naturaleza el cambio no se produce así. Períodos de cambio gradual e ininterrumpido se ven interrumpidos por giros bruscos, rupturas de la continuidad, explosiones, catástrofes. Esto se puede ilustrar con numerosos ejemplos de la historia, el pensamiento humano y la naturaleza orgánica e inorgánica. En una ecuación diferencial, se presupone que el tiempo se divide en una serie de "escalones de tiempo" muy pequeños. Esto nos da una *aproximación* a la realidad, pero en la realidad no existen esos "escalones". Tal y como dijo Heráclito, "todo fluye".

La incapacidad de las matemáticas tradicionales para operar con cambios cualitativos, a diferencia de con los meramente cuantitativos, supone una severa limitación. Dentro de ciertos límites, puede ser suficiente. Pero cuando de repente el cambio gradual cuantitativo se rompe y se vuelve "caótico", para utilizar la expresión en boga, las ecuaciones lineales de las matemáticas clásicas no bastan. Este es el punto de partida para las nuevas matemáticas no lineales, cuyos pioneros fueron Benoit Mandelbrot, Edward Lorenz y Mitchell Feigenbaum. Sin darse cuenta, seguían los pasos de Hegel, cuya línea nodal de las relaciones de medida expresa la misma idea, vital para la dialéctica.

La nueva actitud hacia las matemáticas se desarrolló como reacción al callejón sin salida de las escuelas matemáticas existentes. Mandelbrot había pertenecido a la escuela matemática francesa del formalismo, conocida como el grupo de Bourbaki, que planteaba un punto de vista puramente abstracto, partiendo de principios fundamentales y deduciendo todo lo demás a partir de ellos. De hecho, se vanagloriaban de que su trabajo no tuviese nada que ver con la ciencia o el mundo real. Pero la llegada de los ordenadores introdujo un elemento completamente nuevo en la situación. Este es otro ejemplo de cómo el progreso técnico condiciona el desarrollo científico. La gran cantidad de cálculos que se podían hacer simplemente pulsando una tecla posibilitó el descubrimiento de modelos y leyes donde antes parecía que solamente había fenómenos aleatorios y caóticos.

Mandelbrot empezó investigando fenómenos no explicados del mundo natural, como las ráfagas aparentemente casuales de interferencias en las emisiones de radio, las crecidas del Nilo y las crisis bursátiles. Se dio cuenta de que las matemáticas tradicionales eran incapaces de expresar adecuadamente este tipo de

239. *Ibíd*., pp. 53-54.

fenómenos. A finales del siglo pasado, Georg Cantor, investigando el infinito, inventó un conjunto que lleva su nombre. Se trata de una línea dividida en un número infinito de puntos (*polvo de Cantor*), cuya longitud total es cero. Esta contradicción manifiesta inquietó a muchos matemáticos del siglo XX, y sin embargo sirvió de punto de partida para la nueva teoría de Mandelbrot de las matemáticas fractales, que jugaron un papel decisivo en la teoría del caos:

"Discontinuidad, ruidos súbitos, polvos de Cantor", explica Gleick, "fenómenos como ellos no habían tenido acogida en la geometría de los dos milenios anteriores. Las figuras de la clásica son líneas y planos, círculos y esferas, triángulos y conos. Representan una abstracción poderosa de la realidad, e inspiran una atractiva filosofía de armonía platónica. Euclides hizo de ellas una geometría que duró dos mil años, la única que estudia todavía la inmensa mayoría de los seres humanos. Los artistas encontraron en ellas una belleza ideal; los astrónomos tolemaicos construyeron una teoría del universo con ellas. Pero, para entender la complejidad, su abstracción resulta inconveniente"[240].

Toda ciencia implica un grado de abstracción respecto al mundo real. El problema con las mediciones euclidianas clásicas, que trabajan con tres dimensiones (longitud, anchura y altura), es que eran incapaces de expresar la esencia de las formas irregulares que se encuentran en el mundo real. La ciencia de las matemáticas es la ciencia de la *magnitud*. Por lo tanto, las abstracciones de la geometría euclidiana dejan de lado todo lo que no sea el aspecto cuantitativo de las cosas. La realidad queda reducida a planos, líneas y puntos. Sin embargo, las abstracciones matemáticas, a pesar de las exageradas afirmaciones hechas sobre ellas, son sólo una aproximación tosca al mundo real, con sus formas irregulares y cambios constantes y abruptos. En palabras del poeta romano Horacio: "Puedes echar a la naturaleza con una horca, pero volverá constantemente".

James Gleick describe así la diferencia entre las matemáticas clásicas y la teoría del caos: "Mandelbrot suele decir que las nubes no son esferas. Ni los montes, conos. Ni el rayo fulmina en línea recta. La nueva geometría refleja un universo áspero, no liso; escabroso, no suave. Es la geometría de lo picado, ahondado y quebrado; de lo retorcido, enmarañado y entrelazado. La comprensión de la complejidad de la naturaleza convenía a la sospecha de que no era fortuita ni accidental. Exigía fe en que el interesante fenómeno de la trayectoria del rayo, por ejemplo, no dependía de su dirección, sino de la distribución de zigzags. La obra de Mandelbrot era una reivindicación del mundo, la exigencia de que formas tan raras gozaban de significado. Los hoyos y marañas eran algo más que distorsiones que afeaban las figuras de la geometría euclidiana. Con frecuencia servían de clave de la esencia de una cosa"[241].

Estas cosas eran vistas como aberraciones monstruosas por los matemáticos tradicionales. Pero a un dialéctico le sugieren que la unidad de lo finito e infini-

240. *Ibíd*., p. 101.
241. *Ibíd*., p. 102.

to, como en la infinita divisibilidad de la materia, también se pueden expresar en términos matemáticos. El infinito existe en la naturaleza. El universo es infinitamente grande. La materia se puede dividir en partículas infinitamente pequeñas. Así, la discusión sobre "el origen del universo" o la búsqueda de los "ladrillos de la materia" y de la "última partícula" parten de presupuestos totalmente erróneos. La existencia del infinito en matemáticas es simplemente un reflejo de este hecho. Al mismo tiempo, es una contradicción dialéctica que este universo infinito esté compuesto de cuerpos finitos. Así, finito e infinito forman una unidad dialéctica de contrarios. El uno no puede existir sin el otro. La cuestión, por tanto, no es si el universo es finito o infinito. Es finito e infinito a la vez, como ya explicó Hegel hace tiempo.

Los adelantos de la ciencia moderna nos han permitido penetrar cada vez más profundamente en el mundo de la materia. En cada etapa se han hecho intentos de parar el proceso, de erigir una barrera más allá de la cual supuestamente no se podía ir. Pero siempre se superó el límite, revelando nuevos y sorprendentes fenómenos. Cada acelerador de partículas nuevo y más potente ha descubierto partículas nuevas y más pequeñas, con una existencia todavía más fugaz. No hay motivo para pensar que la situación será diferente con los *quarks*, que por ahora se nos presentan como la última de las partículas.

De manera parecida, el intento de establecer el principio del universo y el tiempo se convertirá en una búsqueda inútil. El universo material no tiene límites, y todos los esfuerzos para imponérselos fracasarán inevitablemente. Lo más alentador de las nuevas matemáticas de la teoría del caos es que representan un rechazo de las abstracciones estériles y del reduccionismo de la torre de marfil, y un intento de volver a la naturaleza y al mundo de la experiencia cotidiana. En la medida en que las matemáticas reflejen la naturaleza, empezarán a perder su carácter unilateral y a adquirir una nueva dimensión que exprese el carácter dinámico, contradictorio, en una palabra, *dialéctico* del mundo real.

17. La teoría del caos

El materialismo dialéctico, elaborado por Carlos Marx y Federico Engels, abarcaba mucho más que la economía política, era una manera de entender el mundo. La naturaleza, como Engels en especial trató de demostrar en sus escritos, es una prueba de la corrección tanto del materialismo como de la dialéctica: "En toda esta recapitulación mía de la matemática y las ciencias de la naturaleza se trataba, naturalmente, de convencerme también en el detalle (...) de que en la naturaleza rigen las mismas leyes dialécticas del movimiento, en el confuso seno de las innumerables modificaciones, que dominan también en la historia la aparente casualidad de los acontecimientos"[242].

Desde los días de Marx y Engels, cada nuevo descubrimiento científico ha confirmado el punto de vista marxista, aunque, debido a las implicaciones de una vinculación con el marxismo, raramente los científicos se identifican con el materialismo dialéctico. Ahora, la aparición de la teoría del caos nos proporciona nuevas pruebas de la corrección de las ideas fundamentales de los fundadores del socialismo científico. Hasta ahora el caos había sido ignorado ampliamente por los científicos, excepto como una molestia o una cosa a evitar. Un grifo a veces gotea regularmente y a veces no; el movimiento de un fluido puede ser o no turbulento; el corazón late regularmente, pero a veces ocurren fibrilaciones; el tiempo puede ser bueno o malo. Pero en general hay pocos intentos de definir desde un punto de vista estrictamente científico el movimiento que parece caótico (aunque nos rodea por todas partes).

¿Cuáles son entonces las principales características de los sistemas caóticos? Una vez descritos en términos matemáticos, ¿qué aplicación tienen las matemáticas? Una característica a la que Gleick y otros han dado importancia es al llamado *efecto mariposa*. Lorenz había descubierto en su simulación por ordenador del tiempo meteorológico un desarrollo llamativo. Una de sus simulaciones se basaba en doce variables, que incluían, como hemos dicho, relaciones no lineales. Se

242. Engels, *Anti-Dühring*, p. 9.

dio cuenta de que si empezaba su simulación con valores sólo ligeramente diferentes del original (siendo la diferencia, en un caso, reducir un conjunto de variables a seis cifras decimales significativas y, en el segundo, despreciar los tres últimos decimales), el "tiempo" que se obtenía en el ordenador empezaba enseguida a variar sustancialmente respecto al original. Donde quizás se podía haber esperado una pequeña perturbación, después de un período muy breve de similitud reconocible, teníamos un modelo completamente diferente.

Esto significa que en un sistema complejo, no lineal, un pequeño cambio en los valores de partida puede provocar un cambio enorme en los valores finales. En el mundo por ordenador de Lorenz, era el equivalente a que el batir de alas de una mariposa provocase un huracán en otra parte del mundo; de ahí la expresión. La conclusión que se puede sacar de esto es que, dada la complejidad de las fuerzas y procesos que determinan la meteorología, no se puede predecir con precisión más allá de un determinado período de tiempo. De hecho, el mayor ordenador meteorológico del mundo, el del Centro Europeo de Previsión Meteorológica a Medio Plazo, realiza 400 millones de cálculos por segundo. Se le suministran 100 millones de mediciones meteorológicas diferentes de todo el mundo cada día y procesa información en tres horas de funcionamiento continuo, para generar una previsión a diez días vista. Sin embargo, más allá de dos o tres días, sus previsiones son especulativas, y más allá de seis o siete, inservibles. La teoría del caos, por lo tanto, pone límites bien precisos a la predicción en los sistemas complejos no lineales.

Sin embargo, es extraño que Gleick y otros hayan prestado tanta atención al efecto mariposa, como si inyectara alguna extraña mística en la teoría del caos. Seguramente está bien establecido (sino, incluso, cuidadosamente modelizado matemáticamente) que, en otros sistemas igualmente complejos, un pequeño cambio en los valores de entrada puede provocar un gran resultado, que una acumulación de cantidad se puede transformar en calidad. Por ejemplo, la diferencia genética básica entre seres humanos y chimpancés es menor del dos por ciento, diferencia que se puede cuantificar en términos de química molecular. Sin embargo, en los procesos complejos y no lineales que convierten el código genético en un animal vivo, esa pequeña diferencia representa la diferencia entre una especie y otra.

El marxismo se aplica al que quizás es el sistema más complejo de todos los sistemas no lineales: la sociedad humana. La colosal interacción de incontables individuos, política y economía forma un sistema tan complejo, que a su lado la meteorología del planeta parece un mecanismo de relojería. Sin embargo, al igual que otros sistemas "caóticos", se puede estudiar científicamente la sociedad, siempre y cuando se comprendan los límites, al igual que en meteorología. Desgraciadamente el libro de Gleick no es claro sobre la aplicación de la teoría del caos a la política y la economía. Cita un ejercicio de Mandelbrot, que alimentó su ordenador con los precios del algodón en la Bolsa de Nueva York durante cien años. "Cada cambio particular del precio era azaroso e impredecible", escribe. "Pero la secuencia de los cambios no dependía de la escala: se

hermanaban perfectamente las curvas de los cambios diarios y las de los mensuales (...) El grado de variación había permanecido constante durante un período de sesenta tumultuosos años, que incluían las dos guerras mundiales y una depresión económica"[243].

Este pasaje no se puede tomar al pie de la letra. Puede ser verdad que, dentro de ciertos límites, sea posible observar los mismos modelos matemáticos identificados en otros sistemas caóticos. Pero, dada la complejidad casi infinita de la sociedad y economía humanas, es inconcebible que acontecimientos importantes, como las guerras, no alteren estos modelos. Los marxistas argumentaríamos que la sociedad se presta en sí misma al estudio científico. En contraste con los que no ven ningún tipo de formas, los marxistas vemos el desarrollo humano desde el punto de partida de las fuerzas productivas y de una descripción científica de las categorías sociales, como las clases, etc. Si el desarrollo de la ciencia del caos conduce a la aceptación de la validez del método científico en política y economía, entonces tendrá un valioso efecto positivo. Sin embargo, como Marx y Engels siempre entendieron, la suya es una ciencia inexacta, en el sentido de que se pueden trazar rasgos y desarrollos generales, pero no es posible un conocimiento detallado y preciso de todas las influencias y condiciones.

Dejando de lado los precios del algodón, el libro no aporta ninguna prueba que contradiga el método marxista. De hecho, no hay ninguna explicación de por qué Mandelbrot aparentemente sólo observó un modelo en los precios de sesenta años, cuando tenía a su disposición hasta cien años de datos. Además, en otra parte del libro, Gleick añade que "los economistas han estado buscando atractores extraños en las tendencias del mercado de valores, pero hasta ahora no los han encontrado". Sin embargo, a pesar de las limitaciones aparentes en el campo de la economía y la política, está claro que "domesticar" lo que se creía eran sistemas caóticos o casuales ha tenido profundas implicaciones para toda la ciencia. Abre muchas posibilidades para el estudio de procesos que en el pasado estaban más allá de nuestros límites.

División del trabajo

Una de las principales características de los grandes científicos del Renacimiento fue que eran seres humanos completos. Leonardo da Vinci fue un gran ingeniero, matemático y mecánico y, al mismo tiempo, un gran artista y un genio. Lo mismo Durero, Maquiavelo, Lutero y muchos otros, de los que Engels escribió:

"Los héroes de esos tiempos no se encontraban aherrojados todavía por la división del trabajo, cuyos efectos limitativos, con su producción de unilateralidad, vemos tan a menudo en sus sucesores"[244]. La división del trabajo, por

243. J. Gleick, *Caos. La creación de una ciencia*, p. 94.
244. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 28.

supuesto, juega un papel necesario en el desarrollo de las fuerzas productivas. Sin embargo, bajo el capitalismo, ha sido llevada hasta tal extremo que se empieza a convertir en su contrario.

La extrema división entre trabajo manual e intelectual significa que millones de personas se ven reducidas a una vida de esclavitud no pensante en la cadena de producción, sin ninguna posibilidad de desplegar la creatividad e ingenio latentes en todo ser humano. En el otro extremo, tenemos el desarrollo de una especie de casta de sacerdotes intelectuales que se ha arrogado para sí misma el derecho exclusivo al título de "guardianes de la ciencia y la cultura". Su alejamiento de la vida real de la sociedad tiene un efecto negativo sobre la conciencia de esta gente. Se desarrollan de una manera estrecha y unilateral. No sólo existe un abismo que separa a los "artistas" de los científicos, sino que la propia comunidad científica está surcada por divisiones crecientes entre las diferentes y cada vez más especializadas ramas. Es irónico que, precisamente cuando las "líneas de demarcación" entre la física, la química y la biología se están rompiendo, el abismo que divide las diferentes ramas de, por ejemplo, la física se ha hecho prácticamente insalvable.

James Gleick describe así la situación: "Escasos legos comprendieron con cuánta rigidez se ha encasillado la comunidad científica en especialidades, trocándose en un acorazado con tabiques herméticos contra las filtraciones. Los biólogos tenían sobradas cosas que leer para mantenerse al corriente de la bibliografía matemática; o, más aún, los biólogos moleculares disponían de demasiada literatura para estar al corriente de lo que escribían los biólogos de la población. Los físicos poseían mejores modos de invertir su tiempo que el de hojear las revistas meteorológicas".

El surgimiento de la teoría del caos es un indicativo de que algo se mueve en la comunidad científica. Cada vez más, científicos de diferentes campos se dan cuenta de que de alguna manera están en una vía muerta. Es necesario encontrar un nuevo camino. Por lo tanto, el nacimiento de las matemáticas del caos es una prueba, como hubiera dicho Engels, del carácter dialéctico de la naturaleza, un recordatorio de que la realidad se compone de toda una serie de sistemas dinámicos, o incluso un sistema global, y no de modelos (por útiles que sean) abstraídos de esta realidad.

¿Cuáles son las principales características de la teoría del caos? Gleick las describe así: "Algunos físicos interpretan el caos más como la ciencia del proceso que del estado, del devenir más que del ser. Sienten que interrumpen cierta tendencia de lo científico al reduccionismo, al análisis de los sistemas en términos de sus partes constitutivas: *quarks*, cromosomas o neuronas. Creen buscar la totalidad".

El método del materialismo dialéctico es precisamente mirar el "proceso antes que el estado, el devenir antes que el ser". "Cada vez más, en el transcurso de la última década había empezado a sentir que los viejos métodos reduccionistas estaban llegando a un callejón sin salida, y que incluso algunos de los físicos del

núcleo duro estaban empezando a cansarse de las abstracciones matemáticas que ignoraban las complejidades reales del mundo. Parecían estar buscando a tientas, medio conscientemente, un nuevo enfoque, y en el proceso —pensaba— estaban cruzando los límites tradicionales de una manera que no se había hecho en años. Quizás siglos"[245].

Dado que el caos es una ciencia de los sistemas dinámicos en su totalidad, más que de las partes por separado, representa de hecho una reivindicación del enfoque dialéctico. Hasta ahora, la investigación científica ha estado en gran medida aislada en sus partes constitutivas. Buscando las partes, el especialista científico se ha especializado demasiado, las más de las veces perdiendo de vista el todo. De esta manera, la experimentación y las racionalizaciones teóricas cada vez se alejan más de la realidad. Hace más de un siglo, Engels criticó la estrechez del método metafísico, que consiste en observar las cosas de manera aislada, con lo cual se pierde de vista el todo. El punto de partida de los defensores de la teoría del caos fue precisamente una reacción contra este *reduccionismo*. Engels explicó que el estudio de la naturaleza por disciplinas separadas es hasta cierto punto necesaria e inevitable.

"Cuando sometemos a la consideración del pensamiento la naturaleza o la historia humana, o nuestra propia actividad espiritual, se nos ofrece por de pronto la estampa de un infinito entrelazamiento de conexiones e interacciones, en el cual nada permanece siendo lo que era, ni como era ni donde era, sino que todo se mueve, se transforma, deviene y perece (...) Pero esta concepción, por correctamente que capte el carácter general del cuadro de conjunto de los fenómenos, no basta para explicar las particularidades de que se compone aquel cuadro total, y mientras no podamos hacer esto no podremos tampoco tener claro el cuadro de conjunto. Para conocer esas particularidades tenemos que arrancarlas de su conexión natural o histórica y estudiar cada una de ellas desde el punto de vista de su constitución, de sus particulares causas y efectos, etc.".

Pero, como Engels también advirtió, retroceder demasiado hacia el reduccionismo puede llevar a un enfoque no dialéctico, o a una deriva hacia ideas metafísicas: "La descomposición de la naturaleza en sus partes particulares, el aislamiento de los diversos procesos y objetos naturales en determinadas clases especiales, la investigación del interior de los cuerpos orgánicos según sus muy diversas conformaciones anatómicas, fue la condición fundamental de los progresos gigantescos que nos han aportado los últimos cuatrocientos años al conocimiento de la naturaleza. Pero todo ello nos ha legado también la costumbre de concebir las cosas y los procesos naturales en su aislamiento, fuera de la gran conexión de conjunto. No en su movimiento, por tanto, sino en su reposo; no como entidades esencialmente cambiantes, sino como subsistencias firmes; no en su vida, sino en su muerte"[246].

245. J. Gleick, *Chaos. Making a New Science*, pp. 31, 5, 11 y 61-62.
246. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 20-21.

Comparémoslo con el siguiente pasaje del libro de Gleick: "Los científicos descomponen las cosas y examinan sus componentes uno tras otro, por turno. Y si desean reconocer la interacción de las partículas subatómicas, reúnen dos o tres. Con ello hay suficiente complicación. Sin embargo, la fuerza de la autosemejanza empieza a niveles mucho más grandes de complejidad. Es cuestión de mirar el conjunto"[247].

Si sustituimos "reduccionismo" por "método de pensamiento metafísico", podemos ver que la idea central es idéntica. Ahora veamos las conclusiones que sacó Engels de su crítica del reduccionismo ("el método metafísico"):

"Para la dialéctica, en cambio, que concibe las cosas y sus reflejos conceptuales esencialmente en su conexión, en su encadenamiento, su movimiento, su origen y su perecer, hechos como los indicados son otras tantas confirmaciones de sus propios procedimientos. La naturaleza es la piedra de toque de la dialéctica, y tenemos que reconocer que la ciencia moderna ha suministrado para esa prueba un material sumamente rico y en constante acumulación, mostrando así que, en última instancia, la naturaleza procede dialéctica y no metafísicamente. Pero como hasta ahora pueden contarse con los dedos los científicos de la naturaleza que han aprendido a pensar dialécticamente, puede explicarse por este conflicto entre los resultados descubiertos y el modo tradicional de pensar la confusión ilimitada que reina hoy día en la ciencia natural, para desesperación de maestros y discípulos, escritores y lectores"[248].

Hace más de cien años, el viejo Engels describió cuidadosamente el estado de la ciencia actual. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers, en su libro *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature* (Orden en el caos: El nuevo diálogo del hombre con la naturaleza) lo reconocen con las siguientes palabras:

"Hasta cierto punto, existe una analogía entre este conflicto [entre la física newtoniana y las nuevas ideas científicas] y el que dio lugar al materialismo dialéctico. (...) La idea de una historia de la naturaleza como parte integral del materialismo fue planteada por Marx y, más detalladamente, por Engels. Los desarrollos contemporáneos en la física, el descubrimiento del papel constructivo jugado por la irreversibilidad, han hecho surgir en las ciencias naturales una cuestión que los materialistas venían planteado desde hace tiempo. Para ellos, comprender la naturaleza significaba comprenderla como capaz de producir al hombre y sus sociedades.

"Es más, cuando Engels escribió su *Dialéctica de la naturaleza*, las ciencias físicas parecían haber rechazado la visión mecanicista del mundo y haberse acercado a la idea de un desarrollo histórico de la naturaleza. Engels menciona tres descubrimientos fundamentales: la energía y las leyes que rigen sus transformaciones cualitativas, la célula como constituyente básico de la vida y el descubrimiento de Darwin de la evolución de las especies. Engels llegó a la conclusión de que la visión mecanicista del mundo había muerto"[249].

---

247. J. Gleick, *Caos. La creación de una ciencia*, p. 122.
248. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 22-23.
249. I. Prigogine e I. Stengers, *op. cit*., pp. 252-53.

A pesar de los maravillosos avances de la ciencia y la tecnología, existe un sentimiento profundamente asentado de malestar. Un número creciente de científicos está empezando a rebelarse contra las ortodoxias dominantes y buscando nuevos enfoques. Antes o después, esto provocará una nueva revolución en la ciencia similar a la que llevaron a cabo Einstein y Planck hace casi un siglo. Es significativo que el propio Einstein estuviese muy lejos de ser un miembro del *establishment* científico.

"La corriente principal, durante la mayor parte del siglo XX", señala Gleick, "ha estado representada por la [física] de las partículas, que explora los bloques constructivos de la materia, según energías cada vez más altas, escalas cada vez más pequeñas y tiempos cada vez más fugaces. De ella han nacido teorías sobre las fuerzas básicas de la naturaleza y sobre el origen del universo. No obstante, hubo jóvenes especialistas que sintieron descontento creciente ante la orientación de la más prestigiosa de las ciencias. Empezaron a creer que los progresos eran lentos, fútil la especificación de nuevas partículas y confusa la masa teórica. Al presentarse el caos, vieron en él un cambio de dirección de toda la física. Las rutilantes abstracciones de las partículas de alta energía y la mecánica cuántica habíanse impuesto más de lo conveniente, en su opinión".

Caos y dialéctica

Todavía es pronto para hacerse una idea completa de la teoría del caos. Sin embargo, lo que está claro es que estos científicos se están orientando hacia una visión dialéctica de la naturaleza. Por ejemplo, la ley dialéctica de la transformación de la cantidad en calidad (y viceversa) juega un papel destacado en la teoría del caos:

"Reconoció [von Neumann] que un sistema dinámico complejo podía albergar puntos de inestabilidad, puntos críticos, en que un débil empujón llegaría a tener amplias consecuencias, como, por ejemplo, el propinado a una pelota balanceada en la cima de un monte. (...) Tanto en la ciencia como en la vida, es harto conocido que una cadena de sucesos puede encaramarse a un punto crítico que abultará los cambios insignificantes. Pero el caos denotaba que tales puntos se hallaban por doquier. Se difundían"[250].

Estas y muchas otras citas revelan un sorprendente parecido entre ciertos aspectos de la teoría del caos y la dialéctica. Sin embargo, lo más sorprendente es que los pioneros del "caos" parecen no tener ni el más mínimo conocimiento de los escritos de Marx y Engels, ¡y ni siquiera de los de Hegel! En cierto sentido, esto confirma todavía más la corrección del materialismo dialéctico. Pero, por otro lado, frustra pensar que se ha negado innecesariamente a la ciencia, durante tanto tiempo, un marco filosófico y metodológico adecuado.

250. J. Gleick, *Caos. La creación de una ciencia*, pp. 14, 26 y 31.

Durante trescientos años, la física se basó en sistemas lineales. El término lineal se refiere a que la gráfica de una ecuación de ese tipo es rectilínea. De hecho, gran parte de la naturaleza parece funcionar así; por eso la mecánica clásica es capaz de describirla bien. Sin embargo, gran parte de la naturaleza no funciona de manera lineal, por lo que no puede ser entendida a través de sistemas lineales. El funcionamiento del cerebro ciertamente no es lineal, ni tampoco la economía, con su ciclo caótico de auges y recesiones. Una ecuación no lineal tiene en cuenta el carácter irregular, contradictorio y frecuentemente caótico de la realidad.

"Todo esto", dice Ian Steward en *Does God Play Dice?* (¿Juega Dios a los dados?), "hace que me sienta bastante descontento con los cosmólogos que nos dicen que tienen los orígenes del universo bastante bien controlados, excepto el primer milisegundo, más o menos, del *big bang*. Y con los políticos que nos aseguran no sólo que una buena dosis de monetarismo será positiva para nosotros, sino que están tan seguros de ello que unos cuantos millones de parados deben ser sólo un pequeño hipo. El ecologista y matemático Robert May planteó opiniones parecidas en 1976: 'No sólo en la investigación, sino en el mundo cotidiano de la política y la economía, nos iría mucho mejor si la gente se diese cuenta de que los sistemas simples no poseen necesariamente propiedades dinámicas simples"[251].

Los problemas de la ciencia moderna sólo se pueden superar adoptando un método dialéctico consciente (como opuesto a inconsciente, empírico, accidental). Está claro que las implicaciones filosóficas de la teoría del caos están en discusión por sus científicos. Gleick cita a Ford, "un autoproclamado evangelista del caos", diciendo que el caos significa "sistemas liberados a la exploración casual de sus propias posibilidades dinámicas". Otros se refieren a sistemas aparentemente casuales. Quizás la mejor definición la dé Jensen, un físico teórico en Yale, que define el caos como "el comportamiento irregular e impredecible de sistemas dinámicos, no lineales, deterministas".

Más que elevar la casualidad a un principio de la naturaleza, como parece hacer Ford, la nueva ciencia hace todo lo contrario: demuestra irrefutablemente que procesos que eran considerados casuales (y que pueden seguir considerándose como tales a efectos de la vida cotidiana) están dominados por un determinismo subyacente, pero no el crudo determinismo mecánico del siglo XVIII, sino un *determinismo dialéctico*.

Algunas de las afirmaciones que se hacen respecto a la nueva ciencia son grandiosas, y con un desarrollo y perfeccionamiento de técnicas y métodos puede que se hagan realidad. Algunos de sus defensores van tan lejos como para decir que el siglo XX será recordado por tres cosas: la relatividad, la mecánica cuántica y el caos. Albert Einstein, a pesar de ser uno de los fundadores de la teoría cuántica, nunca se reconcilió con la idea de un universo no determinista. En una carta al físico Neils Bohr, insistía en que "Dios no juega a los dados". La teoría

251. I. Stewart, *Does God Play Dice?*, p. 21.

del caos no sólo ha demostrado que Einstein tenía razón en este punto, sino que, incluso en su infancia, es una brillante confirmación de la visión esencial del mundo planteada por Marx y Engels hace más de cien años.

Es realmente sorprendente que los pioneros de la teoría del caos, que están intentando romper con la desacreditada metodología "lineal" y elaborar unas nuevas matemáticas "no lineales" —más acordes con la realidad turbulenta de una naturaleza en cambio constante—, parecen no estar en absoluto al corriente de la única auténtica revolución en la lógica en dos mil años: la lógica dialéctica, elaborada por Hegel y perfeccionada posteriormente sobre bases científicas y materialistas por Marx y Engels. ¡Cuántos errores, callejones sin salida y crisis de la ciencia se podrían haber evitado si los científicos hubieran estado armados con una metodología que reflejase auténticamente la realidad dinámica de la naturaleza, en lugar de entrar en conflicto con ella a cada paso!

18. La teoría del conocimiento

El destino habitual de las nuevas verdades es empezar como herejías y acabar como supersticiones.

T. H. Huxley

La afirmación básica subyacente en toda la ciencia y el pensamiento racional es que el mundo físico existe y que es posible entender las leyes que gobiernan la realidad objetiva. La gran mayoría de los científicos en activo aceptan que el universo está gobernado por una ley natural, un hecho resaltado por Philip Anderson:

"De hecho, es difícil imaginarse cómo podría existir la ciencia si no lo hicieran. Creer en una ley natural es creer que el universo es comprensible en última instancia, que las mismas fuerzas que determinan el destino de una galaxia también pueden determinar la caída de una manzana aquí en la Tierra; que los mismos átomos que refractan la luz que pasa a través de un diamante también pueden formar el material de una célula viviente; que los mismos electrones, neutrones y protones que surgieron del *big bang* pueden dar lugar ahora al cerebro humano, la mente y el alma. Creer en la ley natural es creer en la unidad de la materia al nivel más profundo posible"[252].

Lo mismo es cierto respecto al género humano. Cada nuevo avance científico o tecnológico amplía y profundiza nuestra comprensión ¿conocimiento?, pero al mismo tiempo nos plantea nuevos desafíos. Cada pregunta solucionada plantea inmediatamente dos nuevas preguntas. Como un viajero que con emoción creciente se acerca al horizonte sólo para descubrir otro horizonte tentándole desde lejos, el proceso de descubrimiento se despliega sin final a la vista. Los científicos excavan cada vez más profundamente en los misterios del mundo subatómico, en busca de la "última partícula". Pero cada vez que llegan al horizonte con un grito triunfante, éste tozudamente se aleja más allá.

252. Citado en M. Waldrop, *Complexity*, p. 81.

Cada época tiene la ilusión de que representa el punto máximo y no superable de los logros y sabiduría humanos. Los antiguos griegos pensaban que habían comprendido todas las leyes del universo con la geometría euclidiana. Laplace pensó lo mismo respecto a la mecánica newtoniana. ¡En 1880, el director de la oficina de patentes de Prusia declaró que todo lo que se podía descubrir ya había sido inventado! Hoy en día los científicos tienden a ser un poco más comedidos en sus pronunciamientos. Pero incluso así, se asume tácitamente, por ejemplo, que la teoría general de la relatividad de Einstein es una verdad absoluta y que el principio de incertidumbre tiene una aplicación universal.

La historia de la ciencia demuestra lo ahorrativa que es la mente humana. Se pierde muy poco en el proceso de aprendizaje colectivo. Incluso los errores pueden jugar un papel positivo, si se analizan honestamente. Sólo cuando el pensamiento se convierte en un dogma oficial osificado que trata las nuevas ideas como herejías que hay que prohibir y penalizar, el desarrollo del pensamiento se detiene, e incluso retrocede. La tenebrosa historia de la ciencia en la Edad Media es prueba suficiente de ello. La búsqueda de la piedra filosofal se basaba en una hipótesis equivocada, pero los importantes descubrimientos de los alquimistas sentaron las bases para el desarrollo de la química moderna. La teoría del *big bang*, con su búsqueda de un inexistente "inicio del tiempo", tiene credenciales científicas escasamente mejores, y sin embargo, a pesar de esto, no hay duda de los enormes avances que se han hecho y se siguen haciendo.

Como Eric J. Lerner plantea correctamente: "Buenos datos, obtenidos y analizados competentemente, tienen un valor científico incluso si la teoría que los inspiró es incorrecta. Otros teóricos les encontrarán una utilidad que poco se podía imaginar cuando se recogieron por primera vez. Incluso en el trabajo teórico, los esfuerzos honestos para comparar una teoría con la observación casi siempre son útiles independientemente de la verdad de la teoría: para un teórico será un contratiempo si su idea es incorrecta, pero no se habrá perdido el tiempo descartándola"[253].

El desarrollo de la ciencia se da a través de una serie infinita de aproximaciones sucesivas. Cada generación llega a una serie de generalizaciones fundamentales sobre el funcionamiento de la naturaleza, que sirven para explicar ciertos fenómenos observados. Estas, inevitablemente, son consideradas como verdades absolutas, válidas para siempre en "todos los mundos posibles". Pero en un examen más detallado se descubre que no son absolutas, sino relativas. Se descubren excepciones que contradicen las reglas establecidas y que, a su vez, necesitan explicación, y así hasta el infinito.

Como explica Gleick: "Los primeros hallazgos demostraron que cada cambio de escala aportaba fenómenos desconocidos e ignorados géneros de comportamiento. La situación no ha terminado para los modernos físicos subatómicos. Cada acelerador [de partículas] más avanzado, con su aumento de

253. E. J. Lerner, *The Big Bang Never Happened*, p. 155.

energía y velocidad, dilata el campo de la ciencia con la visión de partículas menores y escalas temporales más fugaces, y cada expansión proporciona más información"[254].

Entonces, ¿tenemos que perder la esperanza de llegar a conocer algún día toda la verdad? Plantear la cuestión así es no comprender el carácter de la verdad y del conocimiento humano. Kant pensó que la mente humana sólo podría llegar a conocer apariencias. Detrás del mundo de las apariencias reside la *cosa en sí*, que nunca podemos conocer. A esto Hegel respondió que conocer las propiedades de una cosa era conocer la cosa en sí misma. No existe ninguna barrera absoluta entre la apariencia y la esencia. Empezamos con la realidad que se nos presenta en forma de percepción de los sentidos, pero no nos detenemos. Utilizando nuestro intelecto, penetramos cada vez más profundamente en los misterios de la materia, pasando de la apariencia a la esencia, de lo particular a lo universal, de lo secundario a lo fundamental, de los hechos a la ley.

Parafraseando a Hegel en su respuesta a Kant, toda la historia de la ciencia y el pensamiento humano es el proceso de convertir la *cosa en sí* en *cosa para nosotros*. En otras palabras, lo que "no se puede conocer" en un estadio determinado del desarrollo de la ciencia, llega un momento en que se explora y explica. Cada barrera en el camino del pensamiento es derribada. Pero, resolviendo un problema, inmediatamente nos encontramos con otros problemas nuevos que hay que resolver, nuevos desafíos a superar. Y este proceso nunca llegará a su fin porque las propiedades del universo material son de hecho infinitas.

"Para continuar con nuestra analogía", escribe David Bohm, "podemos decir que respecto a la totalidad de las leyes naturales, nunca tenemos suficientes puntos de vista ni secciones transversales como para darnos una comprensión completa de su totalidad. Pero según la ciencia progresa y se desarrollan nuevas teorías, tenemos cada vez más puntos de vista, puntos de vista que son más comprensivos, puntos de vista que son más detallados, etc. Cada teoría o explicación particular de un conjunto de fenómenos dados tendrá entonces un dominio de validez limitado y será adecuada sólo dentro de un contexto limitado y bajo unas condiciones limitadas. Esto significa que cualquier teoría extrapolada a un contexto arbitrario y a unas condiciones arbitrarias llevará (como los puntos de vista parciales de nuestro objeto) a predicciones erróneas. *La búsqueda de este tipo de errores es uno de las vías más importantes del progreso científico*.

"Sin embargo, una nueva teoría, a la que el descubrimiento de tales errores dará lugar en un momento dado, no invalida las viejas. Más bien, al permitir el tratamiento de un campo más amplio en el que éstas son inadecuadas, la nueva teoría ayuda a definir las condiciones en las que las viejas son válidas (por ejemplo, la teoría de la relatividad corrigió las leyes del movimiento newtonianas, y de esta manera ayudó a definir las condiciones de validez de las mismas como aquellas en las que la velocidad es pequeña en comparación con la de la luz). Así, no espera-

254. J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, p. 122.

mos que cualquier relación causal represente *verdades absolutas*; para serlo tendrían que ser aplicables *sin aproximación e incondicionalmente*. Más bien, lo que podemos ver es que el modo de progreso de la ciencia es, y ha sido, a través de una serie de concepciones de las leyes de la naturaleza progresivamente más fundamentales, más extensivas y más adecuadas, cada una de las cuales contribuye a la definición de las condiciones de validez de las concepciones anteriores (de la misma manera que visiones más detalladas y amplias de nuestro objeto contribuyen a definir las limitaciones de cualquier visión particular o juego de visiones)"[255].

En su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, el profesor Thomas Kuhn dibuja la historia de la ciencia como revoluciones teóricas periódicas, interrumpiendo largos períodos de cambio meramente cuantitativo principalmente dedicados a completar los detalles. En este tipo de períodos "normales", la ciencia opera dentro de un conjunto determinado de teorías que él llama *paradigmas*, afirmaciones no cuestionadas sobre cómo es el mundo. Inicialmente, el paradigma existente estimula el desarrollo de la ciencia, proporcionando un marco coherente para la investigación. Sin ese marco convenido, los científicos estarían discutiendo todo el tiempo sobre los principios fundamentales. La ciencia, al igual que la sociedad, no puede vivir en un estado de permanente cambio revolucionario. Por eso las revoluciones son acontecimientos relativamente infrecuentes, tanto en la ciencia como en la sociedad.

Durante un tiempo, la ciencia es capaz de avanzar por esos caninos bien marcados, acumulando resultados. Pero al mismo tiempo, lo que al principio eran audaces nuevas hipótesis se van convirtiendo en rígidas ortodoxias. Si un experimento da unos resultados que entran en conflicto con la teoría dominante, los científicos pueden obviarlo debido a que subvierte el orden existente. Cuando las anomalías se acumulan hasta el punto de no poder ser ignoradas, el terreno está abonado para una nueva revolución científica que barre las teorías establecidas y abre un nuevo período de desarrollo científico "normal", a un nivel superior.

Aunque indudablemente está muy simplificado, este cuadro del desarrollo de la ciencia, como generalización amplia, se puede dar por válido. En su libro *Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana*, Engels explica el carácter dialéctico del desarrollo del pensamiento humano basándose en ejemplos de la historia de la ciencia y de la filosofía:

"En Hegel, la verdad que debía conocer la filosofía no era ya una colección de tesis dogmáticas fijas que, una vez encontradas, sólo haya que aprenderse de memoria; ahora, la verdad residía en el proceso mismo del conocer, en la larga trayectoria histórica de la ciencia, que, desde las etapas inferiores, se remonta a fases cada vez más altas de conocimiento, pero sin llegar jamás, por el descubrimiento de una llamada verdad absoluta, a un punto en que ya no pueda seguir avanzando, en que sólo le reste cruzarse de brazos y sentarse a admirar la verdad absoluta conquistada. (...)

255. D. Bohm, *op. cit*., p. 32.

"Ante esta filosofía, no existe nada definitivo, absoluto, sagrado; en todo pone de relieve su carácter perecedero, y no deja en pie más que el proceso ininterrumpido del devenir y del perecer, un ascenso sin fin de lo inferior a lo superior, cuyo mero reflejo en el cerebro pensante es esta misma filosofía. Cierto es que tiene también un lado conservador, en cuanto reconoce la legitimidad de determinadas fases del conocimiento y de la sociedad, para su época y bajo sus circunstancias; pero nada más. El conservadurismo de este modo de concebir es relativo; su carácter revolucionario es absoluto, es lo único absoluto que deja en pie"[256].

¿Qué es el método científico?

En el siglo III a.C., el estudioso griego Eratóstenes se fijó en que un palo hincado verticalmente en la tierra en la ciudad de Cirene no proyectaba ninguna sombra al mediodía. Después observó que en Alejandría sí la proyectaba. Partiendo de estas observaciones de fenómenos físicos, dedujo que la Tierra era redonda. Después envió a un esclavo a Cirene para medir su distancia respecto a Alejandría. A partir de ahí, y usando geometría simple, calculó la circunferencia de la Tierra.

Este es el genuino método de la ciencia, una combinación de observación, hipótesis y razonamiento matemático. Eratóstenes empezó con observación (la suya y la de otros). Sobre esta base sacó una conclusión general: la hipótesis de que la Tierra era redonda. Y después utilizó las matemáticas para dar una forma más precisa a su teoría.

Los brillantes logros de la ciencia alejandrina fueron eclipsados por el auge del cristianismo en la Baja Edad Media. Durante siglos, el desarrollo científico fue paralizado por la dictadura espiritual de la Iglesia. La ciencia sólo consiguió avanzar liberándose de la perniciosa influencia de la religión. Sin embargo, por algún capricho de la historia, a finales del siglo XX nos estamos encontrando con firmes intentos de hacer retroceder la ciencia. Todo tipo de ideas místicas y cuasirreligiosas flotan en el aire. Este extraño fenómeno está estrechamente vinculado a dos cosas. En primer lugar, la división del trabajo se ha llevado a tales extremos que ha empezado a causar serios perjuicios. La estrecha especialización, el reduccionismo y un divorcio casi completo entre el lado experimental y el teórico de la física han tenido las consecuencias más negativas.

En segundo lugar, no ha existido ninguna filosofía adecuada que ayudara a dirigir la ciencia en el sentido correcto. La filosofía de la ciencia está hecha un lío, lo cual no es sorprendente dado que la "filosofía de la ciencia" dominante —o mejor dicho, la secta filosófica del positivismo lógico que se atribuye a sí misma esta posición— es totalmente incapaz de sacar la ciencia de sus dificultades. Al contrario, sólo empeora las cosas. En las últimas décadas hemos visto una ten-

256. Marx y Engels, en *Obras Escogidas*, vol. 3, pp. 357-58.

dencia creciente entre los físicos teóricos a tratar el tema del mundo natural desde un punto de vista excesivamente abstracto y matemático. Este es claramente el caso del intento arbitrario de reconstruir el supuesto principio del universo. Como Anderson planteó en un artículo escrito en 1972:

"La capacidad de reducirlo todo a leyes fundamentales simples no implica la capacidad de empezar con estas leyes y reconstruir el universo. De hecho, cuanto más nos dicen los físicos de partículas elementales sobre las leyes fundamentales de la naturaleza, menos relevancia parecen tener para los auténticos problemas de la ciencia y mucho menos de la sociedad"[257].

En las últimas décadas ha enraizado el prejuicio de que la ciencia pura, especialmente la física teórica, es solamente el producto del pensamiento abstracto y la deducción matemática. Como plantea Eric Lerner, Einstein es parcialmente responsable de esta tendencia. A diferencia de teorías anteriores, como las leyes del electromagnetismo de Maxwell o las de la gravedad de Newton, basadas en la experimentación y rápidamente confirmadas por cientos de miles de observaciones independientes, las teorías de Einstein fueron confirmadas inicialmente sólo por dos hechos: la desviación de la luz estelar por parte del campo gravitatorio del Sol y una ligera desviación de la órbita de Mercurio. La posterior demostración de la corrección de la teoría de la gravedad ha llevado a otros, posiblemente sin el nivel de genialidad de Einstein, a asumir que ésa es la manera de actuar. ¿Por qué romperse la cabeza con experimentos que hacen perder mucho tiempo y con observaciones tediosas? De hecho, ¿por qué depender de la evidencia de los sentidos cuando podemos ir directamente a la verdad a través de la deducción pura?

Deberíamos recordar que el gran paso adelante en la ciencia se produjo en el Renacimiento, cuando la ciencia se separó de la religión y empezó a basarse en la observación y el experimento, partiendo del mundo real material y volviendo siempre a él. Sin embargo, en el siglo XX ha habido una regresión parcial hacia el idealismo, en forma de platonismo o, peor, del idealismo subjetivo de Berkeley y Hume. Einstein (sin poner en cuestión su genialidad) fue incapaz de librarse de esta tendencia, aunque frecuentemente se apartó de las consecuencias que llevaba implícita. Hay que reconocerle, por ejemplo, que llevó a cabo una acción decidida contra la interpretación idealista subjetiva de la mecánica cuántica planteada por Heisenberg.

Como muchos científicos, Einstein no se sentía a gusto con la filosofía y confesó honestamente que los grandes científicos tienden a ser pobres filósofos de la ciencia. Sin embargo, él mismo hizo una serie de pronunciamientos de carácter filosófico o semifilosófico, que, dado su prestigio colosal, estaban destinados a ser tomados en serio por muchos científicos, con algunos efectos bastante de lamentar. Por ejemplo, en 1934 escribió:

"La teoría de la relatividad es un buen ejemplo del carácter fundamental del desarrollo moderno de la ciencia teórica. Parte de hipótesis cada vez más abstrac-

257. Citado en M. Waldrop, *op. cit*., p. 81.

tas y alejadas de la experiencia. El científico teórico se ve obligado cada vez en mayor grado a dejarse guiar por consideraciones formales, puramente matemáticas, en su investigación de una teoría, debido a que la experiencia física del experimentador no le puede elevar a las regiones de la más alta abstracción. Los métodos principalmente inductivos apropiados para la juventud de la ciencia están dejando paso a la deducción tentativa"[258].

De hecho, no es cierto que Einstein llegase a sus teorías a través de un proceso de razonamiento y deducción puros. Como él mismo plantea en sus ensayos sobre ciencia, su teoría especial de la relatividad se derivó de los trabajos de Maxwell sobre electricidad y magnetismo, que a su vez se basaron en el trabajo de Faraday, con sólidas bases experimentales. Sólo después de 1915, cuando se orientó hacia la cosmología, utilizó Einstein la deducción abstracta para obtener sus resultados. Aquí partió del método establecido tomando como hipótesis fundamental una afirmación que entraba en contradicción con la observación: la noción de que el universo es homogéneo.

Partiendo de esta proposición, Einstein utilizó su teoría especial de la relatividad para demostrar que el universo es finito. Según este punto de vista, cuanta más sea la masa de una densidad dada, más "curvará" el espacio. Una masa suficientemente grande llevaría a una situación en la que el espacio se curva totalmente sobre sí mismo, provocando un "universo cerrado". Esto marcó, en efecto, una regresión al enfoque medieval del universo finito, previamente rechazado como acientífico. Sin embargo, incluso en 1915 había suficientes evidencias para demostrar que el universo no era homogéneo. La teoría chocaba con los hechos observados. No es casualidad que la búsqueda de una teoría unificada de la gravitación y el electromagnetismo por parte de Einstein durante sus últimos treinta años acabara en fracaso, como él mismo admitió.

Los límites del empirismo

La auténtica filosofía terminó con Hegel. Desde entonces solamente hemos visto una tendencia a repetir viejas ideas, rellenando este pequeño detalle aquí o allí, pero ninguna ruptura real, ninguna nueva gran idea. Esto no es sorprendente. Los avances sin precedentes de la ciencia en los últimos cien años hacen que la filosofía, en el viejo sentido de la palabra, sea superflua. Tiene poco sentido especular sobre la naturaleza del universo cuando estamos en condiciones de descubrir sus secretos con la ayuda de telescopios cada vez más poderosos, sondas espaciales, ordenadores y aceleradores de partículas. Al igual que el telescopio de Galileo zanjó el debate sobre la naturaleza del sistema solar, los avances técnicos resolverán la cuestión de la historia del universo solamente para plantear nuevas preguntas a resolver por las futuras generaciones.

258. Citado en E. J. Lerner, *op. cit.*, p. 128.

"Desde el momento en que se presenta a cada ciencia la exigencia de ponerse en claro acerca de su posición en la conexión total de las cosas y del conocimiento de las cosas, se hace precisamente superflua toda ciencia de la conexión total", escribió Engels. "De toda la anterior filosofía no subsiste al final con independencia más que la doctrina del pensamiento y de sus leyes, la lógica formal y la dialéctica. Todo lo demás queda absorbido por la ciencia positiva de la naturaleza y de la historia"[259].

Sin embargo, la filosofía todavía tiene un papel que jugar en las dos únicas áreas que le quedan: la lógica formal y la dialéctica. La ciencia, como hemos visto, no es meramente una acumulación de hechos. Requiere la participación activa del pensamiento, que es lo único que puede descubrir el significado interno de los hechos, las leyes que los gobiernan. Es necesario hacer hipótesis que puedan guiar nuestras investigaciones por los canales más fructíferos, para comprender las interrelaciones reales entre fenómenos aparentemente sin relación entre sí, para derivar el orden del caos. Esto requiere una preparación y un conocimiento exhaustivo de las historias de la ciencia y de la tecnología. Como dijo el filósofo norteamericano George Santayana, "el que no aprende de la historia está condenado a repetirla". Una de las consecuencias más perniciosas de la influencia del positivismo lógico en la ciencia del siglo XX es el desprecio por todas las grandes escuelas del pasado. Ahora podemos ver adónde conduce esa actitud. Los que rechazaron altivamente la "metafísica" han sido castigados por su orgullo. En ningún otro momento de la historia de la ciencia el misticismo ha estado tan extendido.

La escuela de pensamiento puramente empírico inevitablemente conduce a este resultado, como Engels planteó hace tiempo:

"El empirismo exclusivo, que cuando mucho se permite pensar en forma de cálculos matemáticos, se imagina que opera sólo con hechos innegables. Pero en realidad trabaja, en términos predominantes, con ideas tradicionales, con los productos en gran medida anticuados del pensamiento de sus predecesores, y tales son la electricidad positiva y negativa, la fuerza de separación eléctrica, la teoría de contacto. Todo esto sirve como cimiento para interminables cálculos matemáticos en los cuales, debido a lo estricto de la formulación matemática, la naturaleza hipotética de las premisas se olvida con facilidad. Este tipo de empirismo es tan crédulo respecto de los resultados del pensamiento de sus predecesores, como escéptico en su actitud hacia los resultados del pensamiento contemporáneo. Hasta los hechos establecidos por experimentación se han vuelto poco a poco inseparables de sus interpretaciones tradicionales. (...) Deben recurrir a todo tipo de subterfugios y expedientes insostenibles, a la disimulación de contradicciones irreconciliables, y así, por último, caer en un laberinto de contradicciones del cual no tienen salida"[260].

---

259. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 24-25.
260. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, p. 114.

Es imposible que los científicos permanezcan al margen de la sociedad alegando que son imparciales. Ninguno de ellos vive en el vacío. Como dice el genetista norteamericano Dobzhansky:

"Los científicos a menudo tienen la esperanza ingenua de que si pudieran descubrir hechos suficientes sobre un problema, estos hechos se organizarían por sí solos de alguna manera en una solución cierta e imponente. Sin embargo, la relación entre el descubrimiento científico y la creencia popular no es una calle de dirección única. Los marxistas están más acertados que equivocados cuando plantean que los problemas que eligen los científicos, la manera en que los solucionan e incluso las soluciones que están inclinados a aceptar están condicionados por el entorno social, intelectual y económico en el que viven y trabajan"[261].

A veces se afirma que Marx y Engels consideraban la dialéctica como una especie de absoluto, la última palabra en el conocimiento humano. Tal noción es una evidente contradicción en sí misma. La dialéctica marxista se diferencia de la hegeliana en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, es una filosofía materialista, y por lo tanto deriva sus categorías del mundo de la realidad física. La naturaleza es infinita, no cerrada. De igual manera, la propia verdad no tiene fin y no se puede resumir en un solo sistema que lo abarque todo. La negación de la negación, tal como explica Engels, es una especie de espiral de desarrollo —un sistema abierto, no un círculo cerrado—. Esta es la segunda diferencia fundamental con la filosofía hegeliana, que en última instancia se contradice a sí misma al intentar expresar la dialéctica como un sistema cerrado y absoluto.

Marx y Engels elaboraron las líneas generales de un nuevo método dialéctico, cuya utilidad se demostró brillantemente en los tres volúmenes de *El capital*. Pero los enormes avances de la ciencia del siglo XX nos proporcionan material abundante para rellenar, desarrollar y extender el contenido de la dialéctica. La evolución futura de la teoría del caos puede sentar las bases de este desarrollo, que sería enormemente beneficioso tanto para las ciencias naturales como para las sociales. Por lo tanto, no podemos decir que el materialismo dialéctico no será superado en el futuro por algún método de pensamiento nuevo y más satisfactorio. Pero lo que podemos asegurar es que, hasta el momento, es el método de análisis científico más avanzado, comprensivo y flexible a nuestra disposición. Dejemos hablar a Engels por sí mismo sobre este tema:

"Además: si deja de ser necesaria cualquier filosofía, también dejará de serlo cualquier sistema, aunque sea un sistema natural de filosofía. La comprensión de que la totalidad de los procesos naturales se encuentra en una conexión sistemática mueve a la ciencia a mostrar esa conexión sistemática en todas partes, en el detalle igual que en el conjunto. Pero la correspondiente exposición científica completa de esa conexión, la composición de una reproducción mental exacta del

261. T. Dobzhansky, *Mankind Evolving*, p. 138.

sistema del mundo en que vivimos, nos es imposible y será imposible para todos los tiempos. Si en algún momento de la evolución de la humanidad se compusiera un tal sistema definitivo y concluso de las conexiones del mundo físico, espiritual e histórico, quedaría con ello cerrado el reino del conocimiento humano, y quedaría también cortada la posterior evolución histórica a partir del momento en que la sociedad se encontrara instituida de acuerdo con aquel sistema: todo lo cual es un absurdo y un puro contrasentido.

"Los hombres se encuentran, pues, situados ante una contradicción: reconocer, por una parte, el sistema del mundo de un modo completo en su conexión de conjunto, y, por otra parte, no poder resolver jamás completamente esa tarea, tanto por su propia naturaleza humana cuanto por la naturaleza del sistema del mundo. Pero esa contradicción no sólo arraiga en la naturaleza de los dos factores (mundo y hombre), sino que es además la palanca capital de todo el progreso intelectual, y se resuelve diariamente y constantemente en la evolución progresiva infinita de la humanidad, del mismo modo que, por ejemplo, determinados ejercicios matemáticos se resuelven en una sucesión infinita o en una fracción continua. De hecho, toda reproducción mental del sistema del mundo queda limitada objetivamente por la situación histórica, y subjetivamente por la constitución física y espiritual de su autor"[262].

PREJUICIOS CONTRA LA DIALÉCTICA

Los descubrimientos científicos de los cien años transcurridos desde la muerte de Engels confirman plenamente su afirmación de que "en última instancia, la naturaleza funciona de forma dialéctica".

"Cuando sometemos a la consideración del pensamiento la naturaleza o la historia humana, o nuestra propia actividad espiritual", escribió Engels, "se nos ofrece por de pronto la estampa de un infinito entrelazamiento de conexiones e interacciones, en el cual nada permanece siendo lo que era, ni como era ni donde era, sino que todo se mueve, se transforma, deviene y perece. Esta concepción del mundo, primaria e ingenua, pero correcta en cuanto a la cosa, es la de la antigua filosofía griega y ha sido claramente formulada por vez primera por Heráclito: todo es y no es, pues todo *fluye*, se encuentra en constante modificación, sumido en constante devenir y perecer"[263].

Comparemos esto con la siguiente cita de Hoffmann: "En el mundo del cuanto, las partículas están apareciendo y desapareciendo incesantemente. Lo que podríamos pensar que es un espacio vacío es una nada fluctuante, hormigueante, con fotones que aparecen de ninguna parte y se desvanecen casi al tiempo de nacer, con electrones provocando espuma brevemente en el mons-

262. Engels, *Anti-Dühring*, pp. 37-38.
263. *Ibíd*., p. 20.

truoso océano para crear pares electrón-protón evanescentes y varias partículas más añadiéndose a la confusión"[264].

El surgimiento de la teoría del caos indica una reacción contra el reduccionismo osificado del pasado. Sin embargo, se ha prestado bien poca atención al trabajo pionero de Hegel, Marx y Engels. Este llamativo hecho se explica en gran medida por los prejuicios ampliamente difundidos contra la dialéctica, en parte como reacción contra la forma mística en que la escuela idealista presentó la dialéctica después de la muerte de Hegel, pero principalmente debido a su conexión con el marxismo. Se ha descrito la dialéctica de Hegel como "el álgebra de la revolución". Si se acepta la validez de la ley de la transformación de la cantidad en calidad en física y química, el siguiente paso sería aplicarla a la sociedad, con los resultados más desastrosos para los defensores del orden social existente.

Los escritos científicos de Marx y Engels no se pueden separar de su teoría revolucionaria de la historia (materialismo histórico) ni de sus análisis de las contradicciones del capitalismo, que obviamente no son muy populares entre los que actualmente tienen en sus manos no sólo el monopolio del poder económico, político y mediático, sino también las riendas de las universidades, los proyectos de investigación y las carreras académicas. ¿Es sorprendente que el materialismo dialéctico sea un tema tabú, sobre el que se mantiene una conspiración de silencio excepto para denunciarlo como acientífico, para gente que nunca ha leído ni una sola línea de Marx o de Engels? Es cierto que un pequeño número de almas valientes han planteado la contribución del marxismo a la filosofía de la ciencia, pero incluso esas menciones van frecuentemente de la mano de todo tipo de calificativos, intentando demostrar que la dialéctica puede ser válida para un campo científico determinado, pero no como proposición general.

En la actualidad, la idea del cambio, de la evolución, ha penetrado profundamente en la conciencia popular, aunque generalmente se concibe como un proceso lento, gradual, ininterrumpido. Como Trotsky planteó, "la lógica de Hegel es la lógica de la evolución. Sólo que no debe olvidarse que el concepto mismo de 'evolución' ha sido completamente corrompido y castrado por los profesores universitarios y escritores liberales, que con ello se refieren al 'progreso' pacífico".

En política, este prejuicio común encuentra su expresión en la teoría del gradualismo reformista, en el que el hoy es mejor que el ayer y el mañana será mejor que el hoy. Desgraciadamente la historia humana, en particular la del siglo XX, proporciona pocos ejemplos reconfortantes para los defensores de este enfoque de los procesos sociales tan tranquilizador. La historia conoce largos períodos de cambio gradual, pero éste no es de ninguna manera un proceso continuo y uniforme. Se ve interrumpido por todo tipo de explosiones y catástrofes: guerras, crisis económicas, revoluciones y contrarrevoluciones. Negarlo sería negar lo que es evidente para todo el mundo. Así pues, ¿cómo consideramos estos fenó-

264. B. Hoffmann, *op. cit*., p. 210.

menos? ¿Como ataques repentinos de locura colectiva? ¿Como "desviaciones" de la "norma" gradualista? ¿O, por el contrario, hay que verlos como parte integral del proceso de desarrollo social; no accidentes, sino el resultado necesario de las tensiones y presiones que gradual e invisiblemente se van acumulando en la sociedad y que, antes o después, saldrán a la superficie, de la misma manera que las presiones que se van acumulando en una falla de la corteza terrestre provocan un terremoto?

Cualquier intento de desterrar la contradicción de la naturaleza, de suavizar sus duras aristas, de sujetarla a las ordenadas leyes de la lógica formal al igual que los jardineros de Versalles sometieron la naturaleza salvaje a las leyes de la genética, está destinado al fracaso. Intentos de este tipo pueden ser tranquilizadores, pero son totalmente inservibles para llegar a una comprensión del mundo real. Y lo que es cierto para la naturaleza animada e inanimada, también lo es para la historia de la propia humanidad, a pesar de los tozudos esfuerzos por demostrar lo contrario. La historia de la sociedad revela las mismas tendencias: contradicciones internas que impulsan el desarrollo, ascenso y caída de diferentes sistemas socioeconómicos, largos períodos de gradual evolución social interrumpidos por levantamientos repentinos, guerras y revoluciones que se dan en cada encrucijada de todo desarrollo histórico importante. ¿Se puede negar la importancia de estos sorprendentes fenómenos calificándolos de meros accidentes, desviaciones temporales y desafortunadas de la supuesta "norma" evolutiva, o de prueba irrefutable de la estupidez o maldad inherente al ser humano?

Si ése es el caso, tenemos que abandonar cualquier aspiración a alcanzar una comprensión racional del desarrollo humano. Nos veríamos obligados a hacernos eco de la opinión de Edward Gibbon, autor de *Historia de la decadencia y ruina del Imperio Romano*, que describía la historia como "poco más que el registro de los crímenes, los desatinos y desgracias de la humanidad". Pero si, como creemos firmemente, la historia se rige por las mismas leyes dialécticas que podemos observar en la naturaleza —¿por qué debería reclamar el género humano el dudoso "privilegio" de estar totalmente exento de las leyes objetivas del desarrollo?—, entonces los modelos históricos empiezan por primera vez a tener sentido. Se pueden explicar. Incluso, dentro de ciertos límites, se pueden prever (aunque las predicciones de fenómenos complejos no son tan sencillas como las que sólo implican procesos lineales simples). Esto tanto se puede aplicar a la predicción de un terremoto como a la anticipación de los procesos sociales. No se puede decir con certeza cuándo habrá un terremoto catastrófico en California, pero sí que lo habrá con total seguridad.

A pesar de los extenuantes esfuerzos por negar la validez de la dialéctica, ésta siempre se venga de sus más duros detractores. La conservadora comunidad geológica se ha visto obligada a aceptar la deriva continental y el nacimiento y la muerte de los continentes, de lo que una vez se rieron a carcajada limpia. Los biólogos se han visto obligados a aceptar que la vieja idea de la evolución como un

proceso gradual e ininterrumpido es unilateral y falsa, y que en realidad se da a través de saltos cualitativos catastróficos, en los que la muerte (extinción) se convierte en la precondición para el nacimiento (nuevas especies).

A cada momento, la riqueza del mundo material proporcionada por las ciencias naturales empuja a los científicos a adoptar conclusiones dialécticas. Sin embargo, enseguida se sienten incómodos porque se dan cuenta de las implicaciones potencialmente "subversivas" de este tipo de ideas. En este punto recurren a todo tipo de disculpas y subterfugios para cubrirse las espaldas. La escapatoria habitual es alegar ignorancia en todo lo referente a la filosofía. Como "el amor que no se atreve a decir su nombre" de Oscar Wilde, estos autores, tan elocuentes sobre cualquier tema sobre la faz de la Tierra, se ven incapaces de pronunciar las palabras *materialismo dialéctico*. Como máximo, insisten, el materialismo dialéctico es válido en su campo concreto, pero no tiene ninguna aplicación en la ciencia o, ¡Dios nos libre!, en la sociedad.

Es sorprendente que incluso los defensores de la teoría del caos, que se acercan bastante a las posiciones dialécticas, demuestren una total ignorancia acerca del marxismo. Así, Ian Stewart y Tim Poston escribían en *Analog* (noviembre 1981) lo siguiente:

"Las 'inexplorables leyes de la física', sobre las que por ejemplo Marx intentó basar sus leyes de la historia, nunca han existido en realidad. Si Newton no podía predecir el comportamiento de tres bolas, ¿podría predecir Marx el de tres personas? Cualquier regularidad en el comportamiento de gran cantidad de partículas o de gente tiene que ser *estadística*, y eso tiene un sabor filosófico bastante diferente"[265].

Esto está completamente fuera de lugar. Marx no basó en absoluto su modelo de la historia en las leyes de la física. Las leyes del desarrollo social se tienen que derivar de un estudio laborioso de la propia sociedad. Marx y Engels dedicaron el grueso de sus vidas a ese estudio, basándose en una enorme cantidad de datos empíricos cuidadosamente recopilados, como el examen más superficial de los tres tomos de *El capital* puede demostrar. Por cierto, tanto Marx como Engels eran enormemente críticos con el determinismo mecánico, en particular con Newton. Intentar establecer un paralelismo entre el método de Marx y el de Newton y Laplace no tiene ninguna base.

Cuanto más se acerca la teoría del caos a un análisis de la sociedad actual, mayor es el potencial de llegar a comprender las contradicciones del capitalismo: "Pero en Estados Unidos, el ideal es la máxima libertad individual, o como plantea Arthur [Brian Arthur, economista y uno de los teóricos de la complejidad], 'que cada cual sea su propio John Wayne y vaya por ahí con sus pistolas'. Por mucho que en la práctica este ideal se halle comprometido, sigue teniendo un poder mítico.

"Pero los beneficios crecientes cortan hasta la raíz este mito. Si pequeños acontecimientos casuales pueden encerrarte en cualquiera de los muchos resul-

265. Citado en I. Stewart, *op. cit*., p. 40.

tados posibles, entonces el resultado que se selecciona realmente puede *no* ser el mejor. Y eso significa que la máxima libertad individual —y el libre mercado— puede *no* producir el mejor de los mundos posibles. Por lo tanto, defendiendo los beneficios crecientes, Arthur, inocentemente, estaba metiéndose en un terreno minado"[266].

Stephen J. Gould, que ha hecho importantes contribuciones a la actual teoría de la evolución, es uno de los pocos científicos occidentales que ha reconocido abiertamente los paralelismos entre su teoría del equilibrio *puntuado* y el materialismo dialéctico. En *El pulgar del panda* dice lo siguiente:

"Si el gradualismo es más un producto del pensamiento occidental que un hecho de la naturaleza, entonces deberíamos tener en cuenta filosofías del cambio alternativas para aumentar el reino de nuestros prejuicios limitadores. En la Unión Soviética, por ejemplo, se educa a los científicos con una filosofía del cambio muy diferente —las llamadas leyes dialécticas, reformuladas por Engels a partir de la filosofía de Hegel—. Las leyes dialécticas son explícitamente *puntuacionistas*. Hablan, por ejemplo, de la 'transformación de la cantidad en calidad'. Esto puede sonar a fetiche, pero sugiere que el cambio se produce en grandes saltos que suceden a una pequeña acumulación de presiones que un sistema puede resistir hasta que llega a un punto de ruptura. Calienta el agua y llegará un punto en que entrará en ebullición. Oprime más y más a los trabajadores y provocarás una revolución. Eldredge y yo estábamos fascinados al descubrir que los paleontólogos soviéticos apoyaban un modelo similar a nuestro equilibrio *puntuado*".

Después de todo, la paleontología y la antropología sólo están separadas por un muro muy fino de las otras ciencias históricas y sociales, que tienen implicaciones políticas potencialmente peligrosas para los defensores del *statu quo*. Como dijo Engels, cuanto más se acercan a las ciencias sociales, menos objetivos y más reaccionarios se vuelven. Por lo tanto es alentador que Stephen Gould haya llegado tan cerca de un punto de vista dialéctico, a pesar de su obvia precaución:

"Sin embargo, confesaré como creencia personal, que una visión *puntuacionista* puede coincidir con los tiempos de cambio biológico y geológico más cuidadosamente y más frecuentemente que cualquiera de sus competidores, aunque sólo fuera porque sistemas complejos en un estado estacionario son comunes y altamente resistentes al cambio"[267].

En el siglo pasado, Marx dijo irónicamente que la mayoría de los científicos natos eran "materialistas vergonzantes". En la última mitad del siglo XX tenemos una paradoja mayor. Muchos científicos que nunca han leído a Marx o Hegel han llegado independientemente a muchas de las ideas del materialismo dialéctico. Estamos firmemente convencidos de que el futuro desarrollo de la ciencia confirmará la importancia del método dialéctico, y los que fueron sus pioneros obtendrán finalmente el reconocimiento que se les ha negado.

---

266. M. Waldrop, *op. cit*., p. 48.
267. S. J. Gould, *The Panda's Thumb*, pp. 153-54.

Caricatura estalinista

Un obstáculo serio en el camino de muchos de los que se acercaron a las ideas del marxismo en el pasado fue el estalinismo, que tuvo efectos contradictorios. Por una parte, los enormes éxitos de la economía planificada en la Unión Soviética atrajeron a muchos obreros e intelectuales occidentales. Científicos importantes, como el biólogo británico J. B. S. Haldane, fueron atraídos por el marxismo y empezaron a aplicarlo en sus investigaciones, con resultados prometedores. Aparecieron toda una serie de libros intentando explicar los últimos descubrimientos de la ciencia en un lenguaje comprensivo. Los resultados fueron desiguales, pero esta literatura era infinitamente preferible al tipo de material embaucador producido para el consumo popular hoy en día.

Sin duda los avances sin precedentes de la cultura, la ciencia y la educación en la Unión Soviética sirvieron como punto de referencia no sólo para el movimiento obrero internacional, sino para los mejores intelectuales y científicos de Occidente. Estos logros demostraron el potencial de la economía planificada y nacionalizada, a pesar de las monstruosas deformaciones burocráticas que en última instancia lo minaron. La situación actual representa un enorme contraste. El intento de restaurar la "economía de mercado" tras la caída de la URSS ha provocado un espantoso colapso de las fuerzas productivas y la cultura. Se ha lanzado una ofensiva mundial contra las ideas de la economía planificada, el marxismo y el socialismo. Los enemigos del socialismo se han aprovechado de los crímenes del estalinismo para manchar el nombre del marxismo. Tratan de convencer a la gente de que la revolución no vale la pena y que, por lo tanto, es mejor conformarse con el gobierno de los grandes bancos y los monopolios, aceptar el paro masivo y la caída de los niveles de vida, debido a que supuestamente no hay otra alternativa.

En realidad lo que fracasó en Rusia no fue el socialismo, sino una caricatura burocrática del socialismo. Un sistema totalitario y burocrático es incompatible con un régimen de economía planificada y nacionalizada que, como Trotsky escribió en 1936 en *La revolución traicionada*, necesita la democracia al igual que el cuerpo humano necesita el oxígeno. Sin la participación activa y consciente de la población a todos los niveles, sin libertad total de crítica, discusión y debate, irremediablemente se llegaría a una pesadilla de burocracia, corrupción, obstrucción y mala gestión, que al final inevitablemente minaría las bases de la economía planificada. Esto es precisamente lo que pasó en la antigua Unión Soviética, tal y como los marxistas predijimos hace décadas.

El régimen totalitario del estalinismo, con sus acompañantes inevitables (corrupción, conformismo y servilismo) tuvo efectos muy negativos sobre la ciencia y las artes. A pesar del enorme impulso que la Revolución de Octubre y la economía planificada que de ella surgió dieron a la educación y la cultura, el libre desarrollo de la ciencia se vio asfixiado por el régimen burocrático. Más que ninguna otra faceta de la sociedad, la ciencia y las artes necesitan una atmósfera

de libertad intelectual, libertad de pensamiento, de expresión, de explorar, de equivocarse. Ante la falta de estas condiciones, el pensamiento creativo se marchita y muere. Así, la URSS, con más científicos (y buenos) que Estados Unidos y Japón juntos, fue incapaz de conseguir los mismos resultados que Occidente, y gradualmente empezó a ir por detrás en toda una serie de terrenos.

Una de las cosas que creó todo tipo de concepciones incorrectas sobre el marxismo fue la manera en que lo presentaban los estalinistas. La élite dirigente no podía permitir la libertad de pensamiento y crítica en ningún terreno. En manos de la burocracia, la filosofía marxista (*diamat*, como la denominaba) se convirtió en un dogma estéril, una variedad de sofisma con el que los dirigentes estalinistas justificaban cada giro imprevisto. Según Lefebvre, las cosas llegaron hasta tal punto que el alto mando del ejército soviético insistió en que se reintrodujese la lógica formal en el plan de estudios de las academias militares, debido a la vergonzosa confusión que habían provocado los profesores del llamado *diamat*. Al menos las lecciones de lógica enseñarían a los cadetes el abecé del razonamiento. Este pequeño episodio es suficiente para exponer la caricatura estalinista del marxismo.

Bajo Stalin, los científicos se vieron obligados a aceptar sin rechistar esa caricatura rígida y sin vida, junto con toda una serie de teorías carentes de toda base científica, simplemente porque a la burocracia le parecían bien, como la "teoría" genética de Lysenko. Esto, hasta cierto punto, desacreditó el materialismo dialéctico entre la comunidad científica e impidió una aplicación creativa y fructífera del método dialéctico a diferentes campos de la ciencia, que hubiese posibilitado serios avances tanto en la propia ciencia como en una mayor elaboración de las ideas filosóficas que Marx y Engels explicaron en líneas generales, pero dejaron a las futuras generaciones la tarea de desarrollar y completar los detalles.

Es una condena del régimen estalinista el que durante más de seis décadas, con todos los recursos de la Unión Soviética a su disposición, la burocracia fuese incapaz de introducir una sola idea original en el arsenal teórico del marxismo. A pesar de las enormes ventajas de la economía planificada, que creó una industria y tecnología poderosas, fueron incapaces de añadir nada nuevo a los descubrimientos de Carlos Marx trabajando en solitario en la biblioteca del Museo Británico.

A pesar de todo, los beneficios de la economía planificada posibilitaron un importante avance científico en muchos campos, que la actual avalancha de propaganda quisiera ocultar. Es más, en los campos en los que los científicos aplicaron el método del materialismo dialéctico se consiguieron resultados interesantes. Esto se demuestra en la teoría del caos, un área en la que los científicos soviéticos, influidos indudablemente por el materialismo dialéctico, iban al menos dos décadas por delante de los occidentales. No es muy conocido que las investigaciones originales sobre la teoría del caos se hicieron en la Unión Soviética, y esto dio un impulso a aquellos científicos occidentales que por

separado estaban llegando a las mismas conclusiones, y cuyas ideas a su vez impulsaron el desarrollo de la investigación soviética sobre el caos, como Gleick admite:

"El florecimiento del caos en Estados Unidos y Europa ha inspirado una enorme cantidad de trabajo paralelo en la Unión Soviética; y asimismo ha provocado perplejidad y desorientación indescriptibles, porque un buen retazo de la nueva ciencia no era novedad en Moscú. Los matemáticos y físicos soviéticos disfrutan de sólida tradición en la investigación del caos, desde la obra de A. N. Kolmogorov, en la década de los 50. Además, tienen el hábito de colaborar, con el cual se han salvado de la divergencia que separa a los de otras naciones"[268].

268. J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, pp. 81-84.

19. Alienación y futuro de la humanidad

El capitalismo, en un callejón sin salida

En el período de 1948 a 1973-74 hemos sido testigos de un desarrollo industrial y tecnológico sin precedentes. Sin embargo, los éxitos del capitalismo se están convirtiendo ahora en su contrario. En el momento de escribir estas líneas hay oficialmente veintidós millones de parados en los países capitalistas desarrollados de la OCDE, sin tener en cuenta los cientos de millones de parados y subempleados en África, Asia y América Latina. Y no estamos ante el paro cíclico, temporal, del pasado. Es una úlcera crónica que corroe las entrañas de la sociedad. Como una terrible epidemia, ataca a sectores sociales que se creían a salvo.

A pesar de los avances de la ciencia y la tecnología, la sociedad se encuentra a merced de fuerzas que no puede controlar. En vísperas del siglo XXI, la gente mira al futuro con creciente ansiedad. En lugar de las viejas certezas, lo que tenemos es incertidumbre. Este malestar afecta principalmente y en primer lugar a la clase dominante y sus estrategas, que cada vez se dan más cuenta de que su sistema está en serias dificultades. La crisis del capitalismo se refleja en la crisis ideológica, de los partidos políticos, las iglesias oficiales, la moral, la ciencia e incluso en lo que actualmente está sucediendo en la filosofía.

La propiedad privada y el Estado nacional son las dos camisas de fuerza que impiden el desarrollo de la sociedad. Desde un punto de vista objetivo, las condiciones para el socialismo mundial existen desde hace décadas. El factor decisivo que permitió al capitalismo superar parcialmente sus contradicciones fue el desarrollo del comercio mundial, que contrastó vivamente con el caos económico del período de entreguerras, cuando la intensificación de las rivalidades nacionales se expresó a través de devaluaciones competitivas y guerras comerciales que llevaron al estrangulamiento de las fuerzas productivas dentro de los estrechos límites de la propiedad privada y el Estado nacional. Como consecuencia, el período de entreguerras fue un período de crisis, revoluciones y contrarrevoluciones, que culminó en la nueva carnicería imperialista de 1939-45.

Después de 1945, la dominación del mundo por parte de EEUU, dictada por la necesidad de impedir la revolución en Europa y Japón y contener al bloque soviético, les dio la oportunidad, a través del tratado de Bretton Woods y el GATT, de obligar a las demás potencias imperialistas a disminuir las barreras arancelarias y eliminar obstáculos a la libre circulación de mercancías, creando en gran medida un mercado mundial unificado que, a su vez, permitió el enorme desarrollo económico del período 1948-73, que aumentó el nivel de vida al menos para un sector significativo de la población de los países capitalistas avanzados. A veces, un hombre moribundo puede experimentar un acceso repentino de energía, que parece presagiar una recuperación completa pero que en realidad es sólo el preludio de una nueva y fatal recaída. Períodos así son inevitables incluso en una época de declive capitalista, si no se derroca el orden social existente.

Sin embargo, todos los fuegos de artificio del crecimiento económico, que suponen muchos billones de dólares en cuatro décadas, no han cambiado el carácter del capitalismo ni han aliviado sus contradicciones. El largo período de crecimiento de 1948-73 ya se terminó. El pleno empleo, el crecimiento de los niveles de vida y el Estado del bienestar son cosa del pasado. A lo que nos enfrentamos ahora es al estancamiento económico, la recesión y la crisis de las fuerzas productivas.

Los dueños del capital ya no están interesados en invertir en la actividad productiva. El fallecido Akio Morita, que fue presidente de Sony, advirtió repetidamente durante los años 80 del peligro mortal que representaba para el capitalismo la tendencia a pasar de la industria productiva al sector servicios. Desde los años 50, Estados Unidos ha perdido la mitad de sus puestos de trabajo industriales, mientras que tres cuartas partes de los empleos están en el sector servicios. En Gran Bretaña, relegada ahora a potencia imperialista de tercera clase, existe una tendencia similar. En un artículo en *Director* (febrero de 1988), Morita declaraba:

"Me gustaría sugerir que esta tendencia, lejos de ser la maduración progresiva de una economía madura y algo que haya que apoyar, es destructiva. Porque, a largo plazo, una economía que pierda su base industrial ha perdido su centro vital. Una economía basada en el sector servicios no tiene fuerza motriz. Así, la complacencia respecto a pasar de la industria al abrigo de los servicios de alta tecnología, en los que los obreros se sientan delante de un ordenador e intercambian información todo el día, está totalmente fuera de lugar. Esto se debe a que sólo la industria crea algo nuevo, elabora productos cuyo valor es superior al de las materias primas de las que están hechos. Tendría que ser obvio que en una economía los servicios son subsidiarios y dependientes de la industria".

En lugar de crear puestos de trabajo y aumentar la riqueza de la sociedad, los grandes monopolios están dedicando enormes recursos a la especulación en los mercados monetarios, organizando OPAs hostiles y todo tipo de actividades parasitarias. Morita también planteó: "Los hombres de negocios están fascinados con el juego de las bolsas extranjeras. Han descubierto que produce beneficios rápidos sin necesidad de invertir en un negocio productivo. Incluso algunas empresas industriales se han pasado al imperio de la Bolsa. La gente que se pasa la vida

encorvada delante de un monitor en el que salen los datos de las últimas transacciones bursátiles viven en su propio mundo. No tienen lealtades. No producen nada. No crean ninguna idea nueva. Mueven hasta 200.000 millones de dólares cada día en Londres, Nueva York o Tokio. Esto es un montón de fichas de póquer, significativamente más que el valor real de los bienes que se compran y venden en un día. Equivale a tener un montón de agua en la sala de máquinas".

Morita comparó esta situación del capitalismo mundial con jugar al póquer en un barco que se está hundiendo, y llegó a la siguiente conclusión: "Es un juego impetuoso, muy excitante, pero las pérdidas y ganancias en la mesa de póquer no oscurecen el hecho realmente preocupante de que el barco se está hundiendo y nadie se da cuenta".

Desde que Morita escribió estas líneas, la situación ha empeorado. El enorme mercado mundial de derivados ha alcanzado la sorprendente cifra de 25 billones de dólares y está completamente fuera de control. Comparado con esto, la *burbuja de los mares del Sur** fue un juego de niños. Es andar apostando a escala colosal y demuestra la falta de solidez del capitalismo mundial, que podría acabar en un nuevo colapso financiero de las dimensiones del de 1929.

SIGUEN LAS CONTRADICCIONES

En 1848, Marx y Engels predijeron que el capitalismo se desarrollaría como un sistema mundial, como ha sucedido durante el siglo XX con una precisión de laboratorio. La aplastante dominación del mercado mundial es la característica más importante de la época. Tenemos una economía mundial, una política mundial, una diplomacia mundial, una cultura mundial, guerras mundiales —dos en los últimos cien años, una de las cuales casi extingue la llama de la civilización humana—. Sin embargo, la globalización económica no conlleva una disminución de los problemas, sino, al contrario, una enorme intensificación de las contradicciones.

En la última década del siglo XX, a pesar de todas las maravillas de la ciencia moderna, dos tercios de la humanidad viven al borde de la barbarie. Enfermedades comunes como la diarrea y el sarampión, que se podrían evitar con una simple vacuna, matan a siete millones de niños anualmente. Medio millón de mujeres mueren cada año por complicaciones en el embarazo y el parto, y quizás otras 200.000 al abortar. Los países ex coloniales gastan en sanidad una media de 41 dólares per cápita, frente a los 1.900 de los países avanzados.

Según informes de la ONU, la Tierra tendrá más de seis mil millones de habitantes en el año 2000, la mitad menores de veinte años. Sin embargo, la mayoría sufre paro, falta de educación básica y servicios médicos elementales, superpoblación y malas condiciones de vida. Unos cien millones de niños entre 6 y 11 años no están escolarizados, dos tercios de ellos niñas. Por cierto, Unicef calcula

* Crisis especulativa de la Bolsa inglesa en el siglo XVIII.

que en Estados Unidos el 20% de los niños viven por debajo del umbral de la pobreza. La situación en el Tercer Mundo ha alcanzado niveles realmente horribles. Cien millones de niños viven en las calles. En Brasil este problema se está "resolviendo" con una campaña de exterminio de niños por parte de policías y escuadrones de la muerte, por el único crimen de ser pobres. Atrocidades similares se cometen contra la gente sin hogar en Colombia. No hace mucho se descubrió que una gran cantidad de hombres, mujeres y niños que vivían en las calles habían sido asesinados y sus cuerpos vendidos a la Universidad de Bogotá para ser diseccionados por los estudiantes de medicina. Semejantes historias, que horrorizan a la gente civilizada, son la expresión más extrema de la amoralidad de una sociedad que trata a los seres humanos como meras mercancías.

Un millón de niños han sido asesinados, cuatro millones seriamente heridos y cinco millones son refugiados o huérfanos como resultado de las guerras de la última década. En muchos países ex coloniales es común el trabajo infantil, las más de las veces en condiciones de esclavitud. Las protestas hipócritas de los medios de comunicación occidentales no impiden que el producto de este trabajo llegue a los mercados occidentales y vaya a engrosar los bolsillos de "respetables" compañías occidentales. Un ejemplo típico, publicado recientemente, fue el caso de una fábrica de cerillas en la que mayoritariamente niñas trabajaban con productos tóxicos un total de 60 horas seis días a la semana, por tres dólares. En una carta en *The Economist* (15/9/93) se planteaba que "los padres se dan cuenta del valor de la educación para el futuro de sus hijos, pero a menudo su pobreza es tan desesperada que no pueden salir adelante sin los salarios de sus hijos".

La principal razón de la creciente pobreza del Tercer Mundo es el saqueo a gran escala de sus recursos a través del intercambio comercial y los tres billones de dólares de deuda externa con los grandes bancos occidentales. Sólo para poder pagar los intereses de la deuda, estos países tienen que exportar la comida que su propia población necesita y sacrificar su educación y salud. Según UNICEF, los pagos de la deuda han provocado que los ingresos del Tercer Mundo hayan caído un 25%; el gasto sanitario, un 50% y el gasto educativo, un 25%. A pesar de las hipócritas lamentaciones, economistas brasileños han demostrado que la destrucción de la selva amazónica está provocada principalmente por la necesidad de conseguir dinero gracias a la exportación de los productos agrícolas y ganaderos, como carne de ternera, obtenidos en las tierras conquistadas a la selva. La financiación de estos proyectos de exportaciones proviene del Banco Mundial y otros organismos financieros internacionales.

En el sentido literal de la palabra, la humanidad está en una encrucijada. Por una parte, existe el potencial para construir un paraíso en este mundo. Por otra, elementos de barbarie amenazan con inundar el planeta. Y además tenemos las amenazas para el medio ambiente. En su loca búsqueda de beneficios, las grandes multinacionales están arrasando el planeta. Cada año se destruyen cerca de 100.000 kilómetros cuadrados de selva tropical, una superficie más grande que Escocia. Se puede especular sobre la causa de la extinción de los dinosaurios, pero

no hay duda de las causas de la actual catástrofe: el ansia incontrolada de beneficios y la anarquía de la producción capitalista.

Incluso científicos que no tienen nada que ver con el socialismo se han visto obligados a sacar la conclusión (perfectamente lógica, si nos paramos a pensarlo por un momento) de que la única solución es algún tipo de economía planificada internacionalmente. Sin embargo, esto es imposible bajo el capitalismo. Formalmente cuarenta países han aceptado la iniciativa medioambiental *Estrategia para la conservación mundial*, pero sin una federación socialista mundial sólo es papel mojado. Los intereses de los grandes monopolios son los que deciden.

Pero todo esto no es en absoluto inevitable. Todas las terribles predicciones, empezando por las de Malthus, sobre la situación sin remedio de la humanidad se han demostrado falsas. El potencial para el desarrollo humano es ilimitado. Existen las condiciones, incluso ahora, para eliminar el hambre de la faz de la Tierra. En Europa Occidental y Estados Unidos, la productividad agrícola ha llegado a tal nivel que se paga a los granjeros para que no produzcan. Se deja de cultivar tierra fértil, se arroja el trigo al mar o se mezcla con tinte para estropearlo, hay montañas de carne, mantequilla o leche que no se pueden consumir, en España se arrancan deliberadamente los olivos. Y al mismo tiempo hay 450 millones de personas en el mundo que sufren malnutrición o mueren de hambre.

A principios del próximo siglo, los países de la cuenca del Pacífico probablemente representarán la mitad de la producción mundial. La economía mundial estará en sus manos. Durante siglos, los europeos se han considerado el centro del mundo. Pero hablando objetivamente, esta idea no tiene más base que la idea de Tolomeo de que la Tierra era el centro del universo. Ya en 1920 Trotsky predijo que el centro de gravedad de la historia mundial pasaría del Atlántico al Pacífico. La siguiente fase de la historia humana verá a los millones de asiáticos realizar todo su potencial, como parte de la Federación Socialista Mundial.

EL FLAGELO DEL DESEMPLEO

El trabajo es la principal actividad de nuestra vida. Nos preparamos para él desde pequeños. Nuestra escolarización está vinculada a él. Pasamos toda nuestra vida activa implicados en él. Sobre el trabajo reposa toda la sociedad. Sin él no habría comida, ni ropas, ni un techo, ni escuelas, ni cultura, ni arte ni ciencia. Realmente el trabajo es vida. Negar a alguien el derecho al trabajo no es sólo negarle el derecho a un mínimo nivel de vida; es privarle de la dignidad humana, separarle de la sociedad civilizada, hacer su vida inútil y sin sentido. El desempleo es un crimen contra la humanidad. La creación de una especie de subclase en los barrios deprimidos de las ciudades estadounidenses y de otros países es una condena de la sociedad moderna. Las siguientes citas revelan el miedo de los estrategas más conscientes del capital ante las tendencias a la desintegración social en Occidente:

"La concentración de poblaciones crecientes de gente empobrecida y descontenta en las ciudades, que dependen de infraestructuras vulnerables, está fraguada de peligros. Y no es el menor de ellos la fuerte posibilidad de que la solidaridad social que subyace en el Estado del bienestar se rompa en los próximos años. Los costes cada vez mayores de apoyar a poblaciones dependientes pondrán a prueba la paciencia de los más exitosos en una recesión económica (...) Pero ése es un problema para el próximo siglo".

"El Estado del bienestar ha entrado en quiebra en términos evolutivos. Las mujeres de la subclase dan a luz un 60% más de niños que las mujeres de clase media (negras o blancas). Pero incluso esta estadística subestima el impacto sobre la población. Las mujeres de la subclase no sólo tienen más niños, sino que también dan a luz a edades más jóvenes, llevando a un incremento geométrico de la población de la subclase a lo largo del tiempo".

Rees-Mogg, que se consuela con la ilusión de que "el marxismo ha muerto", es la voz de los políticos abiertamente reaccionarios, recordando vívidamente a los maltusianos de la época victoriana:

"Están [los pobres] instigados al desperdicio de sus vidas por los incentivos perversos de los programas sociales, que imponen tasas de impuestos reales del 100%, o más, sobre los que se salen del subsidio para empezar a trabajar. En muchos casos, el valor total de los vales de comida, las ayudas a los alquileres, los subsidios, ayudas de ingresos y asistencia sanitaria gratuita y otros servicios superan el ingreso después de impuestos que se puede obtener en un puesto de trabajo no cualificado. Y se pueden conseguir ayudas, por definición, con poco o nada de esfuerzo diario. No te tienes que levantar por la mañana y correr entre una masa de gente que va al trabajo para asegurarte un medio de vida (...) La aplicación laxa de la ley también hace que el analfabetismo, la indolencia y la ilegitimidad sean más atractivas. Los niños que pueden conseguir cien dólares a la hora como ladrones o traficantes de drogas es menos probable que se impresionen por los rigores de aprender a leer o mantener un trabajo de salario mínimo que les pueda resultar útil sólo en el futuro"[269].

Los mismos presagios se extienden entre los estrategas del capital al otro lado del Atlántico. El conocido economista norteamericano John Kenneth Galbraith, a diferencia de Rees-Mogg, es políticamente un liberal, pero llega a conclusiones similares. En su último libro, *La cultura de la satisfacción*, lanza una seria advertencia del explosivo conflicto social que está surgiendo de las divisiones de la sociedad norteamericana:

"Sin embargo, la posibilidad de una revuelta de las clases inferiores, demasiado inquietante como para despreocuparse, existe y aumenta con fuerza. Hubo estallidos en el pasado, especialmente los grandes disturbios en los barrios a finales de los 60, y existen numerosos factores que pueden llevar a una repetición.

"En especial, ha quedado claro que la tranquilidad ha dependido de una comparación con la incomodidad anterior. Con el tiempo esta comparación se des-

269. W. Rees-Mogg y J. Davidson, *op. cit.*, pp. 294-95, 183 y 273.

vanece, y también con el tiempo la pasada promesa de escapar de una relativa privación, en un movimiento ascendente, disminuye. Esta sería especialmente la consecuencia de una ralentización o disminución de la economía, e incluso más en una recesión prolongada o depresión. Las oleadas sucesivas de trabajadores que acudieron a las plantas automovilísticas de Detroit (refugiados de las tierras ganaderas adyacentes de Michigan y Ontario y más tarde los blancos pobres de los Apalaches) aumentaron su nivel. Muchos de los que vinieron del sur para sustituirles están ahora instalados en el paro endémico. Nadie debería sorprenderse si esto, algún día, alimentase una reacción violenta. Siempre ha sido una creencia de la gente acomodada que la que no lo es acepta pacíficamente, incluso gustosamente, su destino. Esta idea podría verse súbita y sorprendentemente refutada"[270].

ALIENACIÓN

> *El mundo no es una colección de individuos aislados; todos están de alguna manera u otra conectados los unos con los otros.*
>
> Aristóteles

> *Ningún hombre es una isla entera por sí mismo. / Cada hombre es una pieza del continente, una parte del todo. / Si el mar se lleva una porción de tierra, toda Europa queda disminuida, como si fuera un promontorio, o la casa de uno de tus amigos, o la tuya propia. / Ninguna persona es una isla; la muerte de cualquiera me afecta, porque me encuentro unido a toda la humanidad; por eso, nunca preguntes por quién doblan las campanas; doblan por ti.*
>
> John Donne,
> *Devociones para ocasiones emergentes, nº XVIII*

Los seres humanos se convierten en tales separándose de su naturaleza puramente animal, es decir, inconsciente. Incluso los animales más complejos no pueden alcanzar los logros del género humano, que le permiten sobrevivir y prosperar en las condiciones y climas más variados, bajo el mar, en el cielo e incluso en el espacio. Los seres humanos se han elevado por encima de su estado "natural", zoológico, han conseguido un dominio sin precedentes del entorno. Sin embargo, paradójicamente, los humanos siguen controlados por fuerzas que escapan a su control. La llamada "economía de mercado" se basa en la premisa de que la gente no controla sus vidas y destinos, son marionetas en manos de fuerzas invisibles que, como los caprichosos e insaciables dioses del pasado, lo gobiernan

270. J. K. Galbraith, *The Culture of Contentment*, pp. 170-71.

todo sin orden ni concierto. Estos dioses tienen sus sumos sacerdotes, que dedican sus vidas a su servicio. Habitan en los bancos y las bolsas, con sus rituales elaborados, y sacan enormes beneficios. Pero cuando los dioses se enfadan, a los sacerdotes les entra el pánico, como una horda de bestias asustadas, e igualmente inconscientes.

Los antiguos romanos describían al esclavo como un "instrumento con voz" (*instrumentum vocale*). Hoy en día muchos obreros se podrían sentir identificados con esta descripción. Se supone que vivimos en un mundo postmoderno, postindustrial y postfordista. Pero en lo que atañe a las condiciones de la clase obrera, ¿qué ha cambiado? Las conquistas del pasado están siendo atacadas en todas partes. En Occidente, el nivel de vida de la mayoría de la gente está siendo cercenado. El Estado del bienestar está siendo minado y el pleno empleo es un recuerdo del pasado.

En todos el mundo, la sociedad está impregnada de un profundo sentimiento de malestar. Éste empieza por arriba y penetra en todas las capas sociales. El sentimiento de inseguridad, alimentado por el paro masivo, se ha extendido a sectores de la clase obrera que antes se consideraban inmunes (profesores, médicos, enfermeras, funcionarios, encargados); nadie está a salvo. Los ahorros de las capas medias, el valor de sus casas, están igualmente amenazados por movimientos incontrolados de los mercados monetarios y bursátiles. Las vidas de miles de millones de seres humanos están a merced de fuerzas ciegas que operan a su capricho, haciendo que en comparación los dioses de la antigüedad parezcan racionales.

Hace décadas se predijo confiadamente que los adelantos de la ciencia y la tecnología resolverían los problemas de la humanidad. En el futuro, la gente ya no tendría que preocuparse de la lucha de clases, sino de qué hacer con su tiempo de ocio. Estas predicciones no eran del todo descabelladas. Desde un punto de vista estrictamente científico, no existe ninguna razón para no aplicar una reducción generalizada de la jornada laboral, incrementando a la vez los niveles de vida y la producción, gracias a una mejora de la productividad, derivada de la aplicación de las nuevas tecnologías. Pero la situación real es muy diferente.

Marx explicó hace tiempo que, bajo el capitalismo, la introducción de nueva maquinaria, lejos de reducir la jornada laboral, tiende a prolongarla. En los principales países capitalistas podemos observar una presión implacable sobre los trabajadores para que trabajen más horas por menos dinero. En su número del 24 de octubre de 1994, *Time* informaba de un brusco aumento de la economía estadounidense, con un incremento enorme de los beneficios: "Pero los trabajadores se quejan de que para ellos sólo ha significado quedarse exhaustos. En toda la industria norteamericana, las compañías están utilizando las horas extras para exprimir al máximo la fuerza laboral estadounidense: actualmente la semana laboral media en la industria casi alcanza la cifra récord de 42 horas, incluyendo 4'6 horas extras. 'Los norteamericanos', observa Audrey Freedman, un economista miembro del consejo de redacción de *Time*, 'son los

más trabajadores del mundo'. Las tres grandes compañías del sector del automóvil han llevado esta tendencia hasta sus límites. Sus trabajadores hacen una media de diez horas extras a la semana y trabajan una media de ocho horas seis sábados al año".

El mismo artículo cita numerosos ejemplos, tanto de trabajadores de cuello blanco como de cuello azul de muchas industrias diferentes, que se quejan de las horas extras crónicas:

"Estoy haciendo el trabajo de tres personas', dice Joseph Kelterborn, de 44 años, que trabaja para la compañía de teléfonos Nynex en Nueva York. Su departamento, que instala y mantiene redes de fibra óptica, ha pasado de 27 a 20 trabajadores en los últimos años, en parte combinando lo que eran tres puestos separados (...) en una única categoría profesional. Como resultado, dice Kelterborn, a menudo trabaja cuatro horas extras al día y un fin de semana de cada tres. 'Cuando llego a casa', se queja, 'no tengo tiempo más que para ducharme, cenar y dormir un poco; y enseguida a levantarse y vuelta a empezar".

Como Marx planteó, el incremento de la utilización de maquinaria bajo el capitalismo significa más horas de fatiga para los que tienen un puesto de trabajo. Desde que empezó la recuperación económica tras la última recesión, en marzo de 1991, la economía de estadounidense ha creado casi seis millones de puestos de trabajo, pero si las compañías hubiesen contratado al mismo nivel que en recuperaciones anteriores, el incremento de puestos de trabajo hubiese llegado a ocho millones, o incluso más.

El artículo de *Time* añade: "De hecho, hay bastantes pruebas de que Estados Unidos se está desarrollando como una sociedad de dos sectores. Mientras que los beneficios de las empresas y los salarios de los ejecutivos están creciendo rápidamente, los salarios reales [es decir, descontando la inflación] no están creciendo en absoluto. De hecho, el gobierno ha informado que en el último año la media de ingresos familiares en EEUU cayó en 312 dólares, mientras que un millón de personas más entró en las listas de pobres; el número de personas definidas oficialmente como pobres representaba el 15'1% de la población estadounidense, en comparación con el 14'8% de 1992. Estos son acontecimientos sorprendentes en el cuarto año de una recuperación económica que está ganando terreno constantemente".

En *El manifiesto comunista*, Marx y Engels plantearon que "el creciente empleo de las máquinas y la división del trabajo quitan al trabajo del proletario todo carácter propio, y le hacen perder con ello todo atractivo para el obrero. Éste se convierte en un simple apéndice de la máquina, y sólo se le exigen las operaciones más sencillas, más monótonas y de más fácil aprendizaje. Por tanto, lo que cuesta hoy día el obrero se reduce poco más o menos a los medios de subsistencia indispensables para vivir y para perpetuar su linaje. Pero el precio de todo trabajo, como el de toda mercancía, es igual a los gastos de producción. Por consiguiente, cuanto más fastidioso resulta el trabajo, más bajan los salarios. Más aún, cuanto más se desarrollan la maquinaria y la división del trabajo, más aumenta la

cantidad de trabajo, bien mediante la prolongación de la jornada, bien por el aumento del trabajo exigido en un tiempo dado, la aceleración del ritmo de las máquinas, etc."[271].

En una de las películas más famosas de Charles Chaplin, *Tiempos modernos*, tenemos una imagen gráfica de la vida en una cadena de montaje de una gran fábrica en la década de 1930. La esclavización de la repetición sin fin de las mismas tareas monótonas convierte al ser humano en un apéndice de la máquina, un "instrumento con voz". A pesar de todos los discursos sobre la "participación", las condiciones en las fábricas siguen siendo en gran medida las mismas. De hecho, la presión sobre los trabajadores ha aumentado constantemente en los últimos años. Las pequeñas cosas que hacen la vida más agradable están siendo brutalmente suprimidas. En Gran Bretaña, donde la fuerza de los sindicatos consiguió importantes avances en el pasado, la hora de la comida ha pasado a la historia. El canciller Kohl informa a los trabajadores alemanes que van a tener que empezar a trabajar los fines de semana. Y tenemos la misma situación en todas partes.

La nueva tecnología, en lugar de mejorar las condiciones de los trabajadores industriales, está siendo utilizada para empeorar las de los trabajadores de cuello blanco. En muchos bancos, hospitales y grandes oficinas, la situación de los empleados es cada vez más parecida a la que existe en las grandes fábricas. La misma inseguridad, la misma presión implacable sobre el sistema nervioso, el mismo estrés, que provocan problemas médicos, depresiones, ruptura de matrimonios, etc.

En los últimos años, los científicos han vuelto a la idea del "hombre-máquina", de la mano de la robótica y la cuestión de la inteligencia artificial. Incluso ha penetrado en la conciencia popular, como vimos en películas del estilo de *Terminator*, en las que los seres humanos se enfrentan a autómatas ingeniosamente construidos. Este fenómeno nos dice bastante de la psicología del período actual, caracterizado por una deshumanización general de la sociedad mezclada con la sensación de que los seres humanos no tienen un control sobre sus destinos y el miedo a las fuerzas incontrolables que dominan las vidas de la gente. En contraste, el intento de crear inteligencia artificial representa un nuevo avance de la ciencia de la robótica, que, en una sociedad auténticamente racional, abre un enorme horizonte de progreso humano.

La sustitución del trabajo humano por maquinaria tecnológicamente avanzada será la clave de la mayor revolución cultural de la historia, a través de la reducción generalizada de la jornada laboral. Sin embargo, aunque puedan realizar más eficazmente algunas operaciones concretas, no cabe pensar que las máquinas lleguen a reproducir exactamente la inteligencia humana. No por razones místicas o por la supuesta existencia de un alma inmortal que nos hace productos únicos de la Creación, sino por la propia naturaleza del pensamiento, que es inseparable de otras actividades corporales humanas, empezando por el trabajo.

---

271. Marx y Engels, *El manifiesto comunista*, pp. 45-46.

MARX Y LA ALIENACIÓN

Incluso entre los afortunados que tienen un puesto de trabajo, nueve de cada diez veces afrontan una tarea penosa y sin sentido. El tiempo de trabajo no se considera como parte de la vida. No tiene nada que ver contigo como ser humano. El producto de tu trabajo pertenece a otra persona, para la cual no eres más que "un factor de la producción". La vida empieza en el momento en que pones el pie fuera del puesto de trabajo y cesa en el momento en que vuelves a entrar. Este fenómeno fue explicado por Marx en sus *Manuscritos económico-filosóficos de 1844:*

"Ahora bien, ¿en qué consiste la enajenación del trabajo? En primer lugar en que el trabajo es algo *externo* al obrero, es decir, algo que no forma parte de su esencia, en que, por tanto, el obrero no se afirma, sino que se niega en su trabajo, no se siente bien, sino a disgusto, no desarrolla sus libres energías físicas y espirituales, sino que mortifica su cuerpo y arruina su espíritu. Por tanto, el obrero sólo se siente en sí fuera del trabajo, y en éste se siente fuera de sí. Cuando trabaja no es él, y sólo recobra su personalidad cuando deja de trabajar. No trabaja, por tanto, voluntariamente, sino a la fuerza, su trabajo es un *trabajo forzado*. No representa la satisfacción de una necesidad, sino que es, simplemente, un *medio* para satisfacer necesidades extrañas a él. El carácter extraño del trabajo que realiza se manifiesta en toda su pureza en el hecho de que el trabajador huye de su trabajo como de la peste, en cuanto cesa la coacción física o cualquier otra que le constriñe a realizarlo. El trabajo externo, el trabajo en el que hombre se enajena, es un trabajo de autosacrificio, de mortificación. En definitiva, la exterioridad del trabajo para el obrero se revela en el hecho de que no es algo propio suyo, sino de otro, de que no le pertenece a él y de que él mismo, en el trabajo, no se pertenece a sí mismo, sino que pertenece a otro. Lo mismo que en la religión la actividad humana propia de la fantasía humana, del cerebro y el corazón humanos, obra con independencia del individuo y sobre él, es decir, como una actividad ajena, divina o demoníaca, la actividad del obrero no es tampoco su propia actividad. Pertenece a otro y representa la pérdida de sí mismo"[272].

Así, para la gran mayoría, la vida se consume en una actividad que tiene poco sentido para el individuo. En el mejor de los casos es tolerable; en el peor, un tormento en vida. Incluso los que eligen trabajar enseñando a niños o cuidando a enfermos se encuentran con que la satisfacción que reciben por su trabajo desaparece en la medida en que las leyes del mercado entran también en escuelas y hospitales.

El sentimiento de que la sociedad ha llegado a un *impasse* no se limita a las "clases bajas". También la clase dominante se está sintiendo cada vez más pesimista respecto al futuro. Uno busca en vano las grandes ideas del pasado, esa con-

272. Marx y Engels, *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, en *Escritos económicos varios*, pp. 65-66.

fianza, ese optimismo. La constante jactancia de las supuestas maravillas de la "economía de libre mercado" suena cada vez más vacía, a medida que la gente empieza a darse cuenta de la situación real: millones de parados, ataques a los niveles de vida, acumulación de enormes fortunas a través de la especulación y la corrupción, etc.

Es irónico que los defensores del orden social existente acusen al marxismo de ser "materialista", cuando la burguesía practica entusiásticamente el materialismo, pero no en el sentido filosófico de la palabra, sino en el vulgar: preocupación excesiva por los bienes materiales. La búsqueda de beneficios a toda costa, la elevación de la codicia a la categoría de principio absoluto está en el centro de toda su cultura, es su auténtica religión. En el pasado se cuidaban de ocultarlo de la vista pública tanto como podían, escondiéndose detrás de una pantalla de moralismos hipócritas sobre el deber, el patriotismo, el trabajo honesto y todo lo demás. Ahora lo plantean abiertamente. En todos los países podemos observar una epidemia sin precedentes de corrupción, mentiras, estafas, timos; no los pequeños robos de los delincuentes normales, sino el saqueo a gran escala perpetrado por hombres de negocio, políticos, jefes de policía y jueces. ¿Y por qué no? ¿No es nuestro deber hacernos ricos?

El credo del monetarismo eleva el egoísmo y la codicia a principio. Coge tanto como puedas y como quiera que puedas, y que cada uno se las arregle como sea. Es la cultura del "pelotazo". Esta es la esencia destilada del capitalismo. La ley de la selva traducida al lenguaje del vudú económico. Por lo menos tiene el mérito de la simplicidad. Te dice clara y diáfanamente qué es el capitalismo.

Y sin embargo, ¡qué filosofía tan vacía! Aunque no lo saben, ellos mismos, los señores del planeta, no son más que meros esclavos, sirvientes ciegos de fuerzas que no controlan. No tienen el auténtico control del sistema, no más que las hormigas en un hormiguero. La cuestión es que están bastante satisfechos con este estado de cosas que les da posición, poder y riqueza. Y resisten tenazmente todo intento de cambiar radicalmente la sociedad.

Si hay un hilo conductor de toda la historia humana, es la lucha de hombres y mujeres para hacerse con el control de sus vidas, para ser libres en el sentido real de la palabra. Todos los adelantos de la ciencia y la técnica, todo lo que los humanos han aprendido sobre la naturaleza y sobre ellos mismos representa el potencial que existe actualmente para adueñarse de las condiciones en las que viven. Y sin embargo, en la última década del siglo XX, el mundo parece sujeto a una extraña locura. Los seres humanos sienten incluso que controlan menos sus destinos que antes. La economía, el medio ambiente, el aire que respiramos, el agua que bebemos, la comida que comemos, todo parece estar en el filo de la navaja. La vieja sensación de seguridad se ha desvanecido. Ha desaparecido la idea de que la historia es una marcha ininterrumpida hacia algo mejor que el presente.

En estas circunstancias, hay sectores que buscan una salida en cosas como la droga o el alcohol. Cuando la sociedad pierde su racionalidad, se busca amparo en lo irracional. La religión, como dijo Marx, es un opio, y sus efectos

no son menos dañinos que los de otras drogas. Hemos visto cómo ideas místicas y religiosas han penetrado incluso en el mundo de la ciencia. Es un reflejo del carácter del período que atravesamos.

MORAL

> *Trata de fortalecer tus compromisos morales y tu fe religiosa. Relee los Diez Mandamientos y el Libro del Eclesiastés. Una Biblia no es un mal maestro de historia ni un mal guía para sobrevivir en tiempos difíciles.*
>
> William Rees-Mogg

> *Quien no quiera retornar ni a Moisés, ni a Cristo ni a Mahoma, ni contentarse con una mezcolanza ecléctica, debe reconocer que la moral es producto del desarrollo social; que no encierra nada invariable; que se halla al servicio de los intereses sociales; que estos intereses son contradictorios; que la moral posee, más que cualquier otra forma ideológica, un carácter de clase.*
>
> Trotsky

"¡El marxismo rechaza la moral!". A menudo oímos expresiones de este tipo, que simplemente revelan la ignorancia del abecé del marxismo. Es cierto que el marxismo niega la existencia de una moral suprahistórica. Pero no hace falta mucho esfuerzo para ver que los códigos morales que han regulado la conducta humana han cambiado sustancialmente de un período histórico a otro. Hubo un tiempo en el que no se consideraba inmoral comerse a los prisioneros de guerra. Más adelante, el canibalismo se consideró aborrecible, pero se podía convertir a los prisioneros de guerra en esclavos. Incluso el gran Aristóteles justificó la esclavitud porque los esclavos no tenían alma y, por lo tanto, no eran completamente humanos (el mismo argumento se utilizó respecto a la mujer). Más tarde se consideró moralmente incorrecto que una persona poseyese a otra como una propiedad personal, pero era perfectamente aceptable que los señores feudales tuviesen siervos encadenados a la tierra y totalmente sujetos a su amo, hasta el punto de tener que ceder a su esposa al señor feudal en la noche de bodas.

Hoy en día todas estas cosas se consideran bárbaras e inmorales, pero en cambio no se cuestiona la institución del *trabajo asalariado*, en el que un ser humano se vende a plazos a un empresario, que utiliza su fuerza de trabajo como le place. Después de todo, esto es trabajo libre. A diferencia del siervo y el esclavo, el trabajador y el empresario llegan a un acuerdo por su libre voluntad. Nadie obliga al trabajador a trabajar para un empresario concreto. Si no le gusta, puede dejarlo y

buscar trabajo en otra parte. Es más, en una economía de libre mercado la ley es igual para todos. El escritor francés Anatole France escribió sobre "el majestuoso igualitarismo de la ley, que prohibe a ricos y pobres por igual dormir debajo de un puente, mendigar por las calles y robar pan".

En la sociedad moderna, en lugar de las viejas y descarnadas formas de explotación, tenemos una explotación hipócritamente disfrazada que transforma la relación entre seres humanos en una relación entre cosas —pequeños trozos de papel que dan a los que los poseen el poder de la vida y la muerte; que pueden hacer que lo feo sea bonito; lo débil, fuerte; lo viejo, nuevo; lo estúpido, inteligente—.

Trotsky escribió que las relaciones monetarias se han enraizado tan profundamente en las mentes de la gente que nos referimos a un hombre que "vale" tantos millones de dólares. El dar por buenas este tipo de expresiones es una medida del grado de alienación que existe en la sociedad actual. Nadie se sorprende cuando, durante una crisis monetaria, en el telediario se habla de una moneda como si fuera una persona recuperándose de una enfermedad ("la libra/dólar/peseta se ha recuperado significativamente esta mañana"). Se considera a los seres humanos como objetos, y a los objetos, especialmente el dinero, se les trata con un temor supersticioso, recordando las actitudes religiosas de los salvajes hacia sus tótems y fetiches. La razón de este *fetichismo de las mercancías* fue explicada por Marx en el primer volumen de *El capital*.

La búsqueda de una moral absoluta es totalmente vana. Una vez más, las inmutables leyes de la lógica no nos pueden ayudar. La lógica formal se basa en una antítesis fija entre verdadero y falso. Una idea es correcta o incorrecta. Pero la verdad, como el poeta alemán Lessing señaló, no es como una moneda recién acuñada que se puede utilizar en todas las circunstancias. Lo que en un momento y circunstancias determinados es verdadero, en otros es falso. Lo mismo ocurre con los conceptos de "bueno" y "malo". Lo que en una sociedad es bueno, en otra es aborrecible. Es más, incluso en una sociedad concreta el concepto de bueno y malo cambia frecuentemente, según las circunstancias y los intereses de una clase determinada.

Si excluimos el incesto, que parece ser un tabú en prácticamente todas las sociedades, hay muy pocos mandamientos morales eternos y absolutos. "No robarás" no tiene mucho sentido en una sociedad que no se base en la propiedad privada. "No cometerás adulterio" sólo tiene sentido en una sociedad patriarcal, en la que los hombres querían asegurarse de que su propiedad privada sería heredada por sus hijos. "No matarás" siempre ha estado rodeado de tantos calificativos que inmediatamente se transforma en otra cosa bastante diferente; por ejemplo, no matarás, excepto en defensa propia; o no matarás, excepto si es alguien de otra tribu/nación/religión, etc.

En todas las guerras, los sacerdotes bendicen los ejércitos de su nación cuando salen a masacrar a los ejércitos rivales. El mandato moral *absoluto* de no matar se convierte, de la noche a la mañana, en un mandato bastante relativo que depende de consideraciones que, analizadas más de cerca, tienen que ver con los

intereses políticos, económicos o territoriales de los países implicados en la contienda. Toda esta hipocresía queda bastante bien reflejada en un pequeño verso del gran poeta escocés Robert Burns:

¡Hipócritas! ¿Qué barbaridades son éstas?
Asesináis a hombres y ¿dais gracias a Dios?
¡Parad, sinvergüenzas! No sigáis más:
Dios no aceptará vuestras gracias por el asesinato.

La guerra es un hecho de la vida (y de la muerte). Ha habido muchas guerras en la historia de la humanidad. Puedes lamentarlo, pero no negarlo. Además, la mayoría de las disputas importantes entre naciones se han resuelto en última instancia mediante la guerra. El pacifismo nunca ha sido una doctrina muy del agrado de los gobiernos, excepto como maniobra diplomática cuyo único objetivo es confundir a todo el mundo respecto de las intenciones reales de ese gobierno. La mentira es la moneda de cambio de los diplomáticos. Se les paga por eso. "No mentirás", simplemente no se aplica en este caso. Un general que no hiciese todo lo posible para engañar al enemigo sería considerado un loco o un incompetente. Aquí vemos cómo la mentira se convierte en algo a alabar, una *astucia militar*. Y un general que revelase sus planes al enemigo sería considerado un traidor. Un obrero que revelase los detalles de una huelga al empresario sería considerado de la misma manera por sus compañeros y compañeras de trabajo.

De estos ejemplos podemos sacar la conclusión de que la moral no es una abstracción eterna e inmutable, sino que ha evolucionado a lo largo de la historia, sufriendo bastantes cambios. En la Edad Media, la Iglesia Católica Romana condenaba la usura como un pecado mortal. Hoy en día, el Vaticano tiene su propio banco y gana grandes cantidades prestando dinero con interés. En otras palabras, la moral tiene una base de clase. Refleja los valores, intereses y puntos de vista de la clase dominante. Por supuesto, sólo puede conseguir mantener el grado necesario de cohesión social si la gran mayoría de los ciudadanos la acepta. Por lo tanto tiene que parecer compuesta de verdades absolutas e incuestionables, la violación de las cuales destruiría todo el edificio de la sociedad.

Hay pocas cosas más repulsivas que ver a damas y caballeros de bien dando lecciones a la gente sobre la necesidad de la moral, la religión, la familia y el ahorro. Los mismos individuos cuya codicia se manifiesta todos los días en los enormes aumentos salariales para los miembros de los consejos de dirección de las grandes empresas dan lecciones a los trabajadores sobre la necesidad de sacrificarse. Los mismos especuladores que no vacilan a la hora de hundir la moneda de su propio país para aumentar sus ya bien nutridas cuentas bancarias tratan de convencernos sobre la necesidad de defender los valores patrios. Los mismos bancos, multinacionales y gobiernos culpables de la explotación más cruel de millones de personas en África, Asia y América Latina se llevan las

manos a la cabeza horrorizados cuando los trabajadores y campesinos toman las armas para luchar por sus derechos. Dan lecciones al mundo sobre la necesidad de la paz, pero los arsenales de armamento letal con los que siguen aumentando sus fabulosas fortunas demuestran que su pacifismo es bastante relativo. La violencia es un crimen solamente cuando la utilizan los pobres y oprimidos. Toda la historia demuestra que la clase dominante no duda en recurrir a los medios más brutales para defender su poder y sus privilegios cuando lo estima necesario.

Los defensores del *statu quo* siempre han inscrito en sus banderas las palabras sagradas: Familia, Orden, Religión y Propiedad Privada. Pero de estas instituciones, supuestamente inviolables, a la clase dominante sólo le interesa realmente la última. La religión, como Rees-Mogg plantea francamente, es una herramienta necesaria para mantener a los pobres bajo control. La mayor parte de los miembros de la clase dominante no se creen una sola palabra y van a la Iglesia como quien va a la ópera, para lucir su último traje. Su comprensión de la teología es tan escasa como su apreciación de *El anillo del nibelungo* de Wagner. En su vida privada, la burguesía muestra poco respeto por las "leyes eternas de la moral". La epidemia de escándalos que ha sacudido a la clase política en Italia, España, Gran Bretaña, Bélgica, Japón y Estados Unidos es sólo la punta del iceberg. Pero siguen con su cantinela sobre las "verdades morales eternas" y se sorprenden cuando se les responde con una carcajada de incredulidad.

¿Significa esto que la moral no existe o que los marxistas somos amorales? Nada más lejos de la realidad. La moral existe y es necesaria. Toda sociedad tiene su código moral, que sirve como lazo poderoso en la medida en que es reconocido y respetado por la gran mayoría. En última instancia, la moral existente y las leyes que sirven para ponerla en práctica están respaldadas por toda la fuerza del Estado, reflejando los intereses de la clase o casta dominante, aunque no siempre de forma directa. Mientras el orden socioeconómico existente hace progresar la sociedad, los valores e ideas de la clase dominante no son cuestionados por la inmensa mayoría de la gente. La base de clase de la moral fue explicada por Trotsky:

"La clase dominante impone a la sociedad *sus* fines y la acostumbra a considerar como inmorales los medios que contradicen esos fines. Tal es la función principal de la moral oficial. Persigue 'la mayor felicidad posible' no para la mayoría, sino para una exigua minoría, por lo demás, sin cesar decreciente. Un régimen semejante no podría mantenerse ni una semana por la sola coacción. Tiene necesidad del cemento de la moral"[273].

Los individuos aislados que osan cuestionarla son perseguidos por herejes. Se les considera "inmorales" no por carecer de moral, sino por no aceptar la moral *existente*. Tras decretarse que Sócrates ejercía una influencia dañina sobre la juventud ateniense, se le obligó a beber cicuta. Los primeros cristianos fueron

273. Trotsky, *Su moral y la nuestra*, p. 54.

acusados de todo tipo de actos inmorales por el Estado esclavista, que les persiguió sin piedad antes de decidir que lo mejor era reconocer la nueva fe y corromper a los pastores de la Iglesia. Lutero fue denunciado cuando empezó a criticar la corrupción de la Iglesia medieval.

El crimen del marxismo es explicar que la sociedad capitalista ha entrado en conflicto con las necesidades del desarrollo social, que se ha convertido en un obstáculo intolerable para el progreso humano, que está completamente roída por contradicciones, que está sumida en una bancarrota política, económica, cultural y moral, y que la supervivencia de este sistema enfermo pone en peligro el futuro del planeta. Desde el punto de vista de los que poseen y controlan la riqueza de la sociedad, estas ideas son "malas". Desde el punto de vista de lo que se necesita para salir de este marasmo, son correctas, necesarias y buenas.

La crisis del capitalismo está teniendo los efectos más negativos en la moral y la cultura. Los síntomas de desintegración social son palpables en todo el mundo. La familia burguesa se cae a pedazos, pero, ante la ausencia de una alternativa, está llevando a una pesadilla de pobreza y degradación para millones de familias necesitadas. Los barrios deprimidos de Estados Unidos y Europa, con sus enormes bolsas de desempleo y pobreza, son un terreno abonado para la drogadicción, el crimen y todo clase de pesadillas.

Para el capitalismo, las personas son mercancías. Y si las mercancías que no pueden ser vendidas se dejan pudrir, ¿por qué tendría que ser diferente con los seres humanos? Pero la cosa no es tan simple. No pueden dejar morir de hambre a gran número de gente por miedo a las contradicciones sociales. Por lo tanto, en una última contradicción del capitalismo, la burguesía se ve obligada a alimentar a los parados en lugar de ser alimentada por ellos. Una situación realmente enfermiza en la que las personas desean trabajar, aumentar la riqueza de la sociedad, pero las "leyes del mercado" se lo impiden.

Esta es una sociedad inhumana en la que la gente está subordinada a las cosas ¿Es de extrañar que alguna de esta gente se comporte de forma inhumana? Cada día, la prensa sensacionalista está llena de historias de abusos terribles contra los sectores más débiles e indefensos de la sociedad, mujeres, niños y ancianos. Es un barómetro fiable del estado moral de la sociedad. La ley castiga en algunos casos esos ataques, aunque en general se persiguen mucho más los crímenes contra la propiedad —especialmente la gran propiedad— que los crímenes contra las personas. Pero, en cualquier caso, las profundas raíces sociales de los crímenes están fuera del alcance de los jueces y la policía. El desempleo alimenta todo tipo de crímenes. Pero hay otros factores más sutiles.

La cultura del egoísmo, la codicia y la indiferencia ante el sufrimiento ajeno que ha florecido especialmente en las dos últimas décadas, cuando Reagan y Thatcher le dieron su aprobación, indudablemente ha jugado un papel, aunque no es fácil de cuantificar. Esta es la auténtica cara del capitalismo, o más concretamente del capital financiero y monopolista: avara, cruel, despiadada, sin compasión. Este es el capitalismo en su período de decadencia senil, intentando infructuosa-

mente recuperar el vigor de su juventud. Es un capitalismo parasitario, con una clara preferencia por la especulación monetaria y financiera en vez de por la producción de auténtica riqueza. Prefiere los servicios a la industria. Cierra fábricas como cajas de cerillas, destruyendo ciudades e industrias enteras, y recomienda a mineros y trabajadores del metal que busquen trabajo en hamburgueserías.

Aparte de las monstruosas consecuencias sociales y económicas de esta doctrina, inocula un veneno moral letal en el tejido de la sociedad. Gente que no tiene ninguna perspectiva de encontrar un puesto de trabajo se enfrenta al espectáculo de la "sociedad de consumo", en la que se presenta el tener y gastar dinero como la única actividad que vale la pena en la vida. Los modelos de comportamiento en esta sociedad son los arribistas arrogantes, los trepas avariciosos, dispuestos a todo con tal de subir. Esta es la auténtica cara de la "libre empresa", de la reacción monetarista: la cara de un aventurero sin principios, un ladrón y embustero, un ignorante superficial, un matón en un traje elegante, la personificación de la avaricia y el egoísmo. Esta es la gente que aplaude el cierre de escuelas y hospitales, el recorte de las pensiones y otros gastos que "improductivos", al mismo tiempo que ellos acumulan fortunas sólo con unas llamadas de teléfono, sin producir nada en absoluto en beneficio de la sociedad.

Frecuentemente se asegura que la gente se guía por sus propios intereses "por naturaleza". Esto se interpreta, de una forma estrecha, como egoísmo personal. Esta interpretación encaja con los defensores del sistema socioeconómico actual, en el que la codicia y la búsqueda del interés personal se consideran grandes principios morales equivalentes al ejercicio de la "libertad individual". Si ése fuese el caso, la sociedad humana nunca se habría desarrollado. La propia palabra "interés" deriva del latín *interesse*, "estar entre". La base de todo el desarrollo moral e intelectual del niño es la evolución desde el "egoísmo" hacia un sentimiento más amplio de las necesidades y requerimientos de los demás. La sociedad humana se basa en la necesidad de la producción social, la cooperación y la comunicación.

Es el *impasse* del capitalismo lo que amenaza con hacer retroceder la cultura humana a un nivel infantil, en el peor sentido de la palabra —el infantilismo de la decadencia senil—. Una sociedad atomizada, centrada en sí misma, sin moral, sin filosofía, sin alma, una sociedad sin ojos, sin dientes, sin gusto, sin nada".

POSIBILIDADES SIN LÍMITE

Todo sistema social imagina que es la última palabra en el desarrollo histórico, que toda la historia anterior fue sólo una preparación para ese particular modo de producción y sus correspondientes formas legales de propiedad, moral, religión y filosofía. Sin embargo, un sistema social sólo existe en la medida en que es capaz de satisfacer las necesidades de la población y dar a la gente una esperanza de futuro. En el momento en que ya no sea capaz de hacerlo, entra en un

proceso de declive irreversible no sólo económico, sino en todos los sentidos (moral, cultural, etc.). Una sociedad en tal situación está muerta, aunque sus defensores nunca lo admitirán.

A medida que nos acercamos al fin del siglo XX, existe un sentimiento palpable y penetrante de cansancio y extenuación en la sociedad capitalista. Es como si el estilo de vida se hubiese vuelto viejo y decrépito. Esto no es solamente lo que los escritores llaman *mal du siècle*. La gente se da cuenta vagamente de que la "economía de mercado" ha llegado a su límite. Sin embargo, el que una forma de sociedad haya llegado a su fin no significa que también haya llegado el desarrollo de la humanidad. La historia no sólo no se ha acabado, sino que ni siquiera ha empezado. Si nos imaginamos la historia como un calendario en el que el 1 de enero representa el origen de la Tierra y el 31 de diciembre el día de hoy, tomando una cifra redondeada de 5.000 millones de años como edad de la Tierra, cada segundo representaría unos 167 años, y cada minuto, 10.000 años. El Cámbrico Inferior empezaría el 18 de noviembre. El hombre aparecería a las doce menos diez de la noche del 31 de diciembre. Y toda la historia registrada de la humanidad estaría en los últimos 40 segundos antes de medianoche.

Ilya Prigogine ha resaltado que "la comprensión científica del mundo que nos rodea sólo está empezando". La civilización humana, aunque parece muy vieja, de hecho es muy joven. La auténtica civilización, es decir, una sociedad en la que los seres humanos controlen conscientemente sus vidas y sean capaces de vivir una existencia verdaderamente humana, a diferencia de la lucha animal por la supervivencia, todavía no ha empezado. Está claro que una forma concreta de sociedad ha envejecido y alcanzado su límite, pero se agarra a la vida aunque ya no tiene nada que ofrecer. El pesimismo respecto al futuro, mezclado con superstición y esperanzas infundadas de salvación, son totalmente característicos de períodos así.

En 1972, el Club de Roma publicó un informe titulado *Los límites del crecimiento*, que predecía que el suministro de combustible fósil del mundo se agotaría en unas pocas décadas. Esto provocó pánico, el aumento de los precios del petróleo y una búsqueda frenética de fuentes de energía alternativas. Han pasado ya más de veinte años y no falta ni petróleo ni gas, y muy pocos se preocupan ahora de buscar alternativas. Esta miopía es característica del capitalismo y está motivada por la búsqueda del máximo beneficio a corto plazo. Todo el mundo sabe que antes o después el suministro mundial de combustible fósil se agotará. A largo plazo es absolutamente vital encontrar una alternativa energética barata y limpia.

La naturaleza nos proporciona un suministro prácticamente inacabable de energía potencial (el Sol, el viento, el mar y, sobre todo, la propia materia, que contiene grandes cantidades de energía). La fusión nuclear, a diferencia de la fisión, representa un potencial ilimitado de energía limpia y barata. Pero el desarrollo de combustibles alternativos va contra los intereses de los grandes monopolios del petróleo. Una vez más, la propiedad privada de los medios de

producción actúa como un enorme freno al desarrollo humano. El futuro del planeta queda relegado a un segundo plano respecto al enriquecimiento de unos pocos.

La solución a los acuciantes problemas del mundo sólo se puede lograr con un sistema socioeconómico que esté bajo el control consciente de la gente. El problema no es que haya un límite inherente al desarrollo, sino un sistema de producción caduco y anárquico que despilfarra vidas y recursos, que destruye el medio ambiente y que impide el pleno desarrollo del potencial que existe en la ciencia y la tecnología. "No existe necesariamente una conexión entre gran ciencia y grandes oportunidades empresariales", escribía recientemente un comentarista, "la teoría general de la relatividad todavía está por convertirse en una máquina de hacer dinero" (*The Economist*, 25/2/95).

Sin embargo, las posibilidades implícitas hoy en día en la tecnología quitan el aliento. Las innovaciones tecnológicas abren la puerta a una auténtica revolución cultural. La televisión interactiva ya es una propuesta viable. La posibilidad de participar en la elaboración de programas de televisión tiene un tremendo potencial, mucho más allá de decidir qué programas quieres ver. Abre la puerta a la participación democrática en el gobierno de la sociedad y la economía de una manera que no se podía ni soñar en el pasado.

El nacimiento del capitalismo se caracterizó por la destrucción de las estrechas relaciones territoriales y el surgimiento de los estados nacionales. Ahora, el crecimiento de las fuerzas productivas, la ciencia y la técnica han hecho que el propio estado nacional esté de más. Tal y como predijo Marx, incluso el estado nacional mas grande se ve obligado a participar en el mercado mundial. La vieja unilateralidad nacional ya no es posible.

¿REGRESO AL FUTURO?

Los hombres primitivos estaban estrechamente ligados a la naturaleza. Esta ligazón se fue rompiendo gradualmente con el desarrollo de la vida urbana y la división entre el campo y la ciudad, que han alcanzado proporciones monstruosas bajo el capitalismo. La ruptura entre los seres humanos y la naturaleza ha creado un mundo antinatural de alienación. Otra expresión de esto es el divorcio completo entre trabajo manual e intelectual, ese *apartheid* social que separa a la moderna casta sacerdotal del conocimiento de los simples mortales. No es solamente la alienación respecto a la naturaleza. Es la alienación de la propia humanidad. Romper con la condición de dependencia total de la naturaleza, elevarse sobre la naturaleza meramente animal, adquirir conciencia; esto es lo que nos define como humanos. Pero también representa una pérdida que se nota más conforme pasa el tiempo. El proceso ha ido tan lejos que se ha convertido en su contrario. En la medida en que las ciudades se hacen más grandes, más congestionadas, más contaminadas, se va creando una pesadilla. En las próximas décadas, si continúan las

tendencias actuales, Shanghai tendrá más habitantes que toda Gran Bretaña. Millones de personas se enfrentan a la falta de vivienda, el crimen, las drogas y a un proceso general de deshumanización en la víspera del siglo XXI.

El carácter sofocante y unilateral de esta "civilización" es cada vez más opresivo, incluso para aquellos que no sufren las peores condiciones. La búsqueda de una forma de vida más natural, libre de las insoportables presiones de la competitividad y el conflicto, se expresa en la tendencia entre un sector de gente joven a "salirse" de la sociedad, en un intento de redescubrir el paraíso perdido. Aquí hay un malentendido. En primer lugar, la vida del hombre primitivo no era tan idílica como algunos se imaginan. El "buen salvaje" fue un mito de los escritores románticos, que poco tenía que ver con la realidad. Nuestros antepasados primitivos estaban más cerca de la naturaleza por la simple razón de que eran sus esclavos.

Sin embargo, eso tenía otra cara. Vivían bastante felices sin alquileres, intereses ni beneficios. Las mujeres no eran tratadas como una propiedad privada, sino que ocupaban una posición muy respetada en la comunidad. En el comunismo primitivo no se conocía el dinero ni existía Estado —un aparato de represión, con su monstruosa burocracia y sus cuerpos especiales de hombres armados: soldados, policías, funcionarios de prisiones, jueces—, sino que los ancianos tenían el respeto de todos, y su palabra era ley. Más adelante, el jefe de la tribu gobernó con la aquiescencia de la comunidad. No era necesaria la coacción porque todos compartían el mismo interés. Estas fueron las bases de unos profundos lazos sociales de cooperación y unión. Ningún gobernante moderno llegará a conocer el grado de respeto que tenían los jefes de la *gens* primitiva, un sentimiento de identidad y deberes mutuos que estaba "codificado" en la tradición oral como sabiduría popular, conocida por todos y universalmente aceptada. Este respeto debió de ser algo parecido a los sentimientos de los niños hacia sus padres.

En esta supuesta era de las luces, mucha gente, incluidos aquellos que se creen educados, consideran impensable que el ser humano se las hubiese arreglado sin cosas tan "necesarias" como el dinero, la policía, las prisiones, los ejércitos, los mercaderes, los recaudadores de impuestos, los jueces, los curas. Y si conseguían arreglárselas, sólo puede explicarse por que, al ser "primitivos", todavía no se habían dado cuenta de las bendiciones que estas instituciones proporcionan a la sociedad. Incluso algunos antropólogos sin esta mentalidad no son inmunes a introducir en las primeras sociedades humanas conceptos totalmente extraños, como la prostitución, derivados de este mundo "civilizado" en el que incluso las personas están a la venta.

Cualquiera que haya visto películas de la vida de tribus que todavía están en la Edad de Piedra en la selva amazónica no puede dejar de impresionarse por su naturalidad y espontaneidad, parecida a la de los niños antes de que sea aplastada por la locura de la vida bajo el capitalismo. En el Evangelio según San Mateo (18:3), Jesús dice: "Yo os aseguro: si no cambiáis y os hacéis como los niños, no entraréis en el reino de los Cielos". En el proceso del crecimiento se pierde (según

el *Génesis* con la adquisición de conocimientos) algo importante que nunca se recuperará: la inocencia. La sociedad moderna no puede volver al comunismo primitivo, de la misma manera que no se puede volver a la infancia.

Se considera antinatural y malsano que un adulto desee volver a su infancia. El adjetivo "infantil" se utiliza despectivamente, como sinónimo de ignorancia impropia. En cualquier caso, es un deseo vano porque es imposible. Pero, junto a la ignorancia, el niño muestra toda otra serie de cualidades, entre ellas una alegría y naturalidad espontáneas ajenas a la mayoría de los adultos. Lo mismo es cierto para los pueblos "primitivos" antes de que el surgimiento de la sociedad de clases y la división ridícula y unilateral del trabajo volvieran la naturaleza humana del revés. ¿Qué artista moderno sería capaz de realizar pinturas de una belleza natural y una proximidad que corta la respiración como las de las pinturas rupestres de las cuevas de Lascaux o Altamira?

No se trata de retroceder, sino de avanzar. No el retorno al comunismo primitivo, sino el progreso hacia una comunidad socialista mundial. La negación de la negación nos lleva de vuelta al punto de partida del desarrollo humano, pero sólo en apariencia. El socialismo del futuro se basará en los maravillosos descubrimientos del pasado, y los pondrá al servicio de la humanidad. Utilizando el lenguaje de Hegel, es un caso de "lo universal lleno de la riqueza de lo particular".

"Un hombre no puede convertirse de nuevo en niño, sin convertirse en infantil", escribe Marx. "¿Pero no disfruta con la ingenuidad del niño y no debe aspirar a reproducir a un nivel más elevado su verdad? ¿No revive en la naturaleza infantil el carácter propio de cada época, en su verdad natural? ¿Por qué la infancia histórica de la humanidad, allí donde se ha desarrollado de la forma más bella, no debería ejercer un encanto eterno, como un estado que no ha de volver jamás? Hay niños maleducados y niños precoces. Muchos de los pueblos antiguos pertenecen a esta categoría. Los griegos fueron los niños normales. El encanto de su arte no está en contradicción con el estadio de la sociedad no desarrollado sobre el que creció. Es más bien su resultado, y está más bien ligado inseparablemente al hecho de que las condiciones sociales inmaduras, bajo las cuales surgió y únicamente podía surgir, no pueden volver jamás"[274].

SOCIALISMO Y ESTÉTICA

En la sociedad actual, la arquitectura es el pariente pobre de las artes. La gente está acostumbrada a vivir en barrios feos, en pisos pequeños, en ciudades congestionadas, rodeada de ruido y contaminación. Los fines de semana, algunos van a galerías de arte, donde por unas horas contemplan cuadros colgados de las paredes, islas de belleza en un mar de fealdad monótona. Así, la belleza está al margen de la vida, es un sueño inalcanzable, una ficción tan alejada de la realidad

274. Marx, *Grundrisse*, p. 111.

como la más lejana de las galaxias. El arte está tan alejado de la realidad que mucha gente lo considera inútil e irrelevante, un privilegio de las capas medias. La hostilidad hacia él es una consecuencia más de la extrema división entre trabajo manual e intelectual. Las condiciones bárbaras alimentan actitudes bárbaras.

Pero no siempre fue así. En las primeras sociedades humanas, la música, la poesía épica y el hablar bien eran patrimonio común de todas las gentes. La monopolización de la cultura por parte de una pequeña minoría es un producto de la sociedad de clases, que priva a la inmensa mayoría no sólo de la propiedad, sino del derecho al libre desarrollo de sus mentes y personalidades. Sin embargo, si rascamos un poco, por debajo de la superficie encontramos un enorme deseo de aprender, de experimentar nuevas ideas, de buscar horizontes más amplios. La sed de cultura de las masas, profundamente reprimida en condiciones "normales", sale a la superficie en cada revolución.

La Revolución Rusa de 1917, supuestamente un acto de barbarie, fue de hecho el punto de partida de un enorme auge de la cultura, la poesía, el arte y la música. No se puede negar esto simplemente porque el brote fuese más tarde aplastado bajo la bota de la reacción estalinista. En la Revolución Española de 1931-37 hubo un renacimiento artístico similar. La poesía de Lorca, Machado, Alberti y, sobre todo, Miguel Hernández estaba inspirada en la lucha, lo que hizo que fuese escuchada con enorme atención por millones de personas que nunca habían tenido acceso al maravilloso mundo del arte y la cultura.

En una revolución, los hombres y mujeres corrientes empiezan a verse a sí mismos como seres humanos capaces de controlar sus propios destinos, no simples "instrumentos con voz". Con la auténtica humanidad surge la dignidad, el respeto por uno mismo y por los demás. En 1936, los camareros de Barcelona pusieron carteles en los restaurantes que decían: "Sólo porque un hombre tenga que trabajar aquí, no significa que le tengas que insultar dándole propina".

Este es el nacimiento de la cultura, la auténtica cultura humana, que es parte de la vida misma. El mismo fenómeno, en forma embrionaria, se observa en cada huelga, cuando las personas revelan cualidades que nunca habían soñado poseer. Por supuesto que si el proceso no lleva a la completa transformación de la sociedad, el peso muerto del hábito y la rutina vuelve a predominar. Las condiciones materiales de existencia determinan la conciencia. Pero una sociedad socialista, basada en un alto nivel tecnológico y cultural, cambiaría la manera en que la gente ve las cosas.

A menudo, matemáticos y lógicos plantean que el tipo de simetrías perfectas que ellos admiran poseen un valor estético intrínseco. Algunos van tan lejos como para afirmar que la cosa más importante en las ecuaciones no es si nos dicen algo sobre la realidad, sino si son estéticamente agradables. Aunque no se puede negar que la simetría puede ser bella, hay simetrías y simetrías. Muchos consideran los edificios armoniosos de la Atenas clásica como uno de los puntos más elevados de la historia de la arquitectura. Y es cierto que tienen una simetría de gran belleza, que recuerda las expresiones lineales de la geometría euclidiana. La importancia de la arquitectura en la Atenas de Pericles es una expresión gráfica

del espíritu público de la democracia ateniense (basada, por supuesto, en el trabajo de los esclavos, totalmente excluidos de ella). Los grandes edificios de la Acrópolis y el ágora eran, sin excepción, *edificios públicos*, no residencias privadas. Hoy en día este tipo de esplendor es poco frecuente. No es casualidad la poca prioridad que se le da a la arquitectura respecto a las demás artes.

En nombre de la "utilidad", que es un eufemismo de tacañería, la gente se ve obligada a vivir en cajas de zapatos de gran altura sin ningún valor artístico ni calor humano. Estas monstruosidades son diseñadas por arquitectos inspirados por principios estrictamente geométricos, que sin embargo prefieren vivir en pintorescas casas de campo antiguas, lejos de las pesadillas urbanas que han ayudado a crear. Sin embargo, a los seres humanos no les gusta en general vivir en cajas. Y la naturaleza conoce simetrías bastante más allá de las simples líneas rectas.

Es la otra cara de la moneda de la idiotez mecanizada de la cadena de producción, donde los seres humanos, en palabras de Marx, son tratados como meros apéndices de las máquinas. Entonces, ¿por qué no deberían vivir todos juntos apiñados en grandes bloques construidos con principios "industriales" igual de válidos? El mismo reduccionismo árido, el mismo formalismo vacío, el mismo enfoque lineal ha caracterizado la arquitectura durante la mayor parte de este siglo. Aquí, la alienación de la sociedad capitalista se expresa en el tratamiento desalmado de la necesidad más básica de la gente: poder vivir en un entorno limpio y atractivo, auténticamente humano. Cuando la propia vida es despojada de toda humanidad, cuando se la desnaturaliza de miles de maneras, ¿cómo podemos sorprendernos si algunos de los productos de nuestra supuesta civilización se comportan de manera antinatural e inhumana?

También aquí somos testigos de una revuelta contra el conformismo desalmado y la rigidez. Los bloques de pisos y rascacielos están pasando de moda rápidamente. No es de extrañar. Son un monumento a la alienación masiva, un deslizamiento progresivo hacia condiciones de vida deshumanizadas que alimentan todo tipo de monstruosidades.

"¿Por qué se declara bello un árbol deshojado por la tempestad y enmarcado por el cielo invernal, y no la silueta correspondiente de un edificio universitario polivalente, a pesar de los esfuerzos ímprobos del arquitecto?", se preguntó el físico alemán Gert Eilenberger. "Creo que la respuesta, algo especulativa, es que depende de las recientes concepciones de los sistemas dinámicos. Nuestra percepción de la belleza se inspira en la armoniosa disposición del orden y del desorden, tal como aparece en los objetos naturales: nubes, árboles, serranías o cristales de nieve. Las formas de todos ellos son procesos dinámicos vaciados en figuras físicas, y combinaciones particulares de orden y desorden les son típicas".

Tal como Gleick observa correctamente, "las formas simples son inhumanas. No sintonizan con la manera de cómo se organiza la naturaleza o con la manera en que ve el mundo el ser humano"[275].

275. Citado en J. Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, pp. 123-24.

Hace tiempo que Carlos Marx planteó las consecuencias negativas de la extrema división entre el campo y la ciudad. No se trata de "volver a la naturaleza" en el sentido utópico planteado por algunos ecologistas que sueñan con escaparse de la fealdad del presente retirándose a un paraíso natural inexistente en un pasado mítico. No hay vuelta atrás. No es una cuestión de rechazar el avance tecnológico, sino de luchar contra los abusos de la tecnología en beneficio del lucro privado que destruye el medio ambiente, creando un infierno donde podría existir un paraíso terrenal. Esta es la tarea central a la que se enfrenta la humanidad en la última década del siglo XX.

"PENSADORES" Y "HACEDORES"

Ni la mano ni el intelecto por sí solos valen mucho
Francis Bacon

El divorcio total entre teoría y práctica en la sociedad actual se ha convertido en una característica extremadamente dañina. El carácter cada vez más fantástico de muchas de las "teorías" puestas en circulación por ciertos cosmólogos y físicos teóricos es indudablemente una consecuencia de ello. Liberados de las restricciones de tener que buscar pruebas concretas de sus teorías y basándose cada vez más en ecuaciones complicadas e interpretaciones ocultistas de la teoría de la relatividad, los resultados de este pensamiento totalmente especulativo son cada vez más extravagantes.

Es el momento de reexaminar el sistema educativo en su conjunto y el sistema clasista en el que se basa. Es el momento de reconsiderar la validez de dividir la humanidad entre "pensadores" y "hacedores", no desde el punto de vista de alguna justicia moral abstracta, sino simplemente porque se ha convertido en un obstáculo para el desarrollo de la cultura y la sociedad. El desarrollo futuro de la humanidad no se puede basar en las viejas y rígidas divisiones. La nueva tecnología requiere una fuerza de trabajo instruida capaz de tener una participación creativa en su trabajo. Esto no se podrá conseguir nunca en una sociedad dividida por la mitad por el *apartheid* clasista. En un pasaje bastante agudo, Margaret Donaldson plantea la insatisfactoria situación que existe actualmente en las universidades:

"Consideremos los departamentos de ciencias de nuestras universidades. Enseñan matemáticas y física tal y como deberían hacerlo. Pero no enseñan a la gente a hacer cosas. Puedes salir como graduado en mecánica sin haber utilizado nunca un torno ni una fresadora. *Estas* cosas se consideran adecuadas sólo para técnicos. Y por otra parte, para muchos de *ellos*, la física y las matemáticas, más allá de un nivel elemental, están simplemente fuera de su alcance".

El filósofo y profesor Alfred North Whitehead estaba profundamente preocupado por esto, y en un artículo titulado *La educación técnica y su relación con la ciencia y la literatura* escribió: "A la hora de enseñar, empiezas a fracasar

cuando te olvidas de que tus alumnos tienen cuerpos". Y añadió: "Es discutible si la mano humana creó el cerebro, o el cerebro creó la mano. Ciertamente la conexión es íntima y recíproca".

Donaldson plantea correctamente que el pensamiento abstracto (ella lo denomina "pensamiento desencarnado"), aunque representa la capacidad de alejarse de la vida, consigue sus mejores resultados cuando se vincula a la actividad. Toda la historia del Renacimiento es una prueba de esta afirmación. Es cierto que la ciencia es hoy infinitamente más vasta y compleja que en aquellos tiempos, pero ¿significa esto que es *imposible* para los científicos aprender diferentes disciplinas? ¿No será que el actual *apartheid* intelectual, más que el resultado de la creciente complejidad del sujeto a estudiar, es el resultado de cómo está estructurada la actual sociedad y de las actitudes, prejuicios e intereses materiales que de ella se derivan y que tratan de preservarla a toda costa?

Los reaccionarios intentan justificar la actual situación con las hoy en día obligadas referencias al determinismo genético: si algunos de "nosotros" somos listos y tenemos buenos empleos y mejores salarios, es porque nacimos con buena estrella (léase "con buenos genes", que viene a ser lo mismo). Si el resto de la humanidad no ha tenido tanta suerte, debe de ser porque algo falla en sus genes. Respondiendo a esta basura, Donaldson escribe:

"¿Sólo algunos de nosotros somos *capaces* de aprender a movernos más allá de los límites del sentido humano y funcionar con éxito allí? Lo dudo. Aunque puede tener cierto sentido plantear que cada uno de nosotros tiene algún 'potencial intelectual' genéticamente condicionado, en cuyo caso los individuos seguramente diferirán en este aspecto como en otros, no hay razón para suponer que la mayoría de nosotros —o cualquiera de nosotros— se las arregla para acercarse a lo que hacemos. Y no es ni siquiera seguro que tenga mucho sentido pensar en términos de ningún tipo de límites por arriba. Tal como Jerome Bruner plantea, hay herramientas de la mente y herramientas de la mano —y en ambos casos el desarrollo de una nueva herramienta poderosa nos da la posibilidad de dejar las viejas limitaciones atrás—. De manera similar, David Olson dice: 'La inteligencia no es algo inmutable que poseemos; es algo que cultivamos al operar con una tecnología, o algo que creamos inventando nueva tecnología"[276].

El gran pedagogo soviético Vigotsky no creía que el profesor tuviese que tener un control rígido sobre la manera exacta en que el niño aprende. Como Piaget, Vigotsky consideraba que la *actividad* del niño era decisiva para su educación. En lugar de encadenar a los niños a los pupitres, donde pasan por el proceso de aprender cosas que no tienen ningún sentido para ellos, Vigotsky insistió en la necesidad de un auténtico desarrollo intelectual. Esto, sin embargo, no se puede considerar en el vacío social. En una sociedad auténticamente socialista, la educación estará vinculada a la actividad creativa desde el principio, rompiendo la ridícula división entre trabajo intelectual y manual. En muchos

276. M. Donaldson, *Children's Minds*, pp. 83 y 85.

sentidos, Vigotsky estaba por delante de su tiempo. Sus métodos educativos demostraban gran imaginación, por ejemplo permitiendo a los niños enseñarse los unos a los otros:

"Vigotsky defendió la utilización de los niños más adelantados para ayudar a los menos adelantados. Durante mucho tiempo, esta fue la base de la educación marxista igualitaria en la Unión Soviética. El fundamento socialista era que todos los niños trabajasen por el bien común, en contraposición al capitalista de que cada niño intentase sacar el máximo de la escuela sin aportar nada. Ayudando al menos capaz, el niño más inteligente está ayudando a la sociedad, dado que aquél (se espera) será más provechoso a la sociedad como adulto alfabetizado que como analfabeto. Vigotsky argumentó que esto no era necesariamente un acto de autosacrificio por parte del niño más adelantado. Ayudando a otros niños, bien puede adquirir una mayor comprensión explícita de su propio aprendizaje metacognitivo. Y enseñando un tema consolida su propio aprendizaje"[277].

Una sociedad socialista democrática aboliría la diferencia entre trabajo manual e intelectual a través de un incremento general del nivel cultural de la sociedad. Esto está estrechamente vinculado a la reducción de la jornada laboral, que se derivaría de una planificación racional de la producción. La educación se transformaría, combinando el aprendizaje con la actividad creativa y el juego. Se le sacaría todo el provecho a las nuevas técnicas. Los dispositivos de realidad virtual, que hoy en día son poco más que novedades, tienen un enorme potencial no sólo para la producción y el diseño, sino también para la educación. Esto hará que las lecciones cobren vida, estimulando la imaginación y la creatividad de los niños no sólo para experimentar la historia y la geografía, sino también para aprender ingeniería mecánica, a pintar o a tocar un instrumento musical. La liberación de la humillante lucha por las necesidades de la vida, el acceso a la cultura y el tiempo para desarrollarse uno mismo como ser humano son las únicas bases sobre las que la sociedad humana podrá realizar todo su potencial.

HUMANIDAD Y UNIVERSO

> *Él dijo: '¿Qué hora es? ¡Deja el Ahora para los perros y monos! El hombre tiene la Eternidad!'*
> Robert Browning, *El funeral de un gramático*

Los logros de los programas espaciales soviético y norteamericano nos dan solamente un indicio de lo que sería posible. Pero los programas espaciales de las grandes potencias fueron realmente un producto secundario de la carrera de armamentos durante la guerra fría. Desde el colapso de la Unión Soviética, la cuestión de los viajes espaciales ya no ocupa una posición central, aunque todavía

277. P. Sutherland, *Cognitive Development Today: Piaget and his Critics*, p. 45.

existe la posibilidad de poner en órbita alrededor de la Tierra una estación espacial que haga los viajes a la Luna mucho más sencillos. En la futura comunidad socialista mundial, los viajes espaciales dejarán de ser ciencia-ficción y se convertirán en un hecho de la vida tan común como hoy en día son los viajes aéreos. La exploración del sistema solar y, más adelante, de otras galaxias proporcionará a la humanidad el mismo tipo de desafío y estímulo que el que supuso para Europa el descubrimiento de América.

La posibilidad de viajes espaciales a larga distancia más allá de los límites de nuestro sistema solar no se quedará para siempre en el reino de la ciencia-ficción. No deberíamos olvidar que hace sólo cien años la idea de viajar más rápido que el sonido parecía increíble, por no hablar de ir a la Luna. La historia, en particular la de los últimos 40 años, demuestra que no hay ningún problema por grande que sea que la humanidad no pueda resolver con un poco de tiempo.

Dentro de unos 4.000 millones de años, nuestro sol empezará a aumentar de tamaño a medida que su núcleo de helio se vaya contrayendo lentamente. Los planetas más cercanos a él se verán sometidos a temperaturas inimaginables. La vida en la Tierra se hará imposible, los océanos entrarán en ebullición y se destruirá la atmósfera. Sin embargo, el fin de la vida en un pequeño rincón del universo no es el fin de la historia. Aunque nuestra estrella muera, otras nacerán. Entre los miles de millones de galaxias en el universo visible, existe una gran cantidad de soles y planetas como el nuestro en los que se dan las condiciones para la vida. Sin duda muchos estarán habitados por formas de vida avanzadas, incluidos seres pensantes como nosotros. Muy pocos científicos lo ponen ya en duda, y menos desde que se encontraron en el propio espacio las moléculas complejas necesarias para crear organismos vivos.

Al final de la introducción de *Dialéctica de la naturaleza*, Engels expresa un vibrante optimismo sobre el futuro de la vida:

"Aquél en el cual se mueve la materia es un ciclo eterno, un ciclo que por cierto sólo completa su órbita en períodos de tiempo para los cuales nuestro año terrestre no es una medida adecuada; un ciclo en el cual el tiempo de máximo desarrollo, el de la vida orgánica y más aun el de los seres conscientes de la naturaleza y de sí mismos, es tan estrictamente limitado como el espacio en que llegan a realizarse la vida y la conciencia de sí; un ciclo en el cual todos los modos finitos de existencia de la materia, sea sol o vapor de nebulosa, animal aislado o género de animales, combinación o disociación químicas, son igualmente transitorios, y en que nada es eterno, salvo la materia en eterno movimiento, en eterno cambio, y las leyes según las cuales se mueve y cambia.

"Pero por frecuente e inexorablemente que se complete este ciclo en el tiempo y el espacio; por muchos que sean los millones de soles y tierras que surjan y desaparezcan; por mucho que pueda durar antes que en un sistema solar, y sólo en *un* planeta, se desarrollen las condiciones necesarias para la vida orgánica; por innumerables, además, que sean los seres orgánicos que deben surgir y desaparecer a su vez antes que se desarrollen en su seno animales con un cere-

bro capaz de pensar, y que por un breve lapso encuentren condiciones aptas para la vida, sólo para ser exterminados más tarde sin piedad, abrigamos la certidumbre de que la materia es eternamente la misma en todas sus transformaciones, que jamás puede perderse ninguno de sus atributos, y también, por lo tanto, que con la misma férrea necesidad con que exterminará en la Tierra su más elevada creación, el cerebro pensante, volverá a producirlo en alguna otra parte y momento"[278].

Sin embargo, ahora podemos ir más allá. Los asombrosos adelantos de la ciencia en el siglo transcurrido desde el fallecimiento de Engels significan que la muerte del Sol no tiene por qué implicar la muerte del género humano. El desarrollo de potentes naves espaciales que alcanzarían velocidades que ahora nos parecen imposibles podría preparar el terreno para la última aventura, la migración a otras partes del sistema solar, e incluso a otras galaxias. Incluso a un uno por ciento de la velocidad de la luz, un objetivo claramente alcanzable, sería posible alcanzar planetas habitables en unos pocos cientos de años.

Si esto nos parece mucho tiempo, deberíamos recordar que a los seres humanos primitivos les llevó millones de años colonizar el mundo desde África. Es más, posiblemente el viaje se podría hacer por etapas, estableciendo colonias a lo largo del camino, de la misma manera que los habitantes de la Polinesia colonizaron el Pacífico, isla a isla, a lo largo de cientos de años. Los problemas tecnológicos serán enormes, pero tendremos por lo menos 3.000 millones de años para resolverlos. Si tenemos en cuenta que el *Homo sapiens* sólo ha existido los últimos 100.000 años y la civilización sólo 5.000, y que el ritmo del avance tecnológico tiende a acelerarse cada vez más, no hay motivo alguno para sacar conclusiones pesimistas sobre el futuro de la humanidad, con una sola condición: que la dominación de clase, esa reliquia atroz de la barbarie, sea reemplazada por un sistema de cooperación y planificación que una todos los recursos del planeta para una causa común.

Engels describió el socialismo como el paso de la humanidad del reino de la necesidad al reino de la libertad. Por primera vez, sería posible para la mayoría de la sociedad escapar de la lucha humillante por la supervivencia y elevar sus miras a un nivel superior. La erradicación de las enfermedades, el analfabetismo y la falta de vivienda, por sí mismos objetivos importantes, sólo serían el punto de partida. Combinando todos los recursos que ahora vergonzosamente se desaprovechan o desperdician, el género humano podría, literalmente, alcanzar las estrellas.

Y por último, pero no por ello menos importante, los humanos humanos serán por fin dueños de sí mismos, de sus vidas y sus destinos, incluida su composición genética. Las relaciones entre ellos serán relaciones entre personas libres, no entre esclavos. Aristóteles ya planteó que el hombre se pone a filosofar cuando tiene sus necesidades básicas cubiertas. Comprendió que el desarrollo de la cultura está

278. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, pp. 40-41.

estrechamente ligado a las condiciones materiales de vida. En una cita realmente llamativa, demuestra que el ser humano empieza a filosofar, a dedicarse a la búsqueda del conocimiento porque sí, sólo cuando no tiene que luchar por las necesidades de la existencia:

"Esto se demuestra por el actual curso de los acontecimientos; ya que la filosofía sólo surge cuando las necesidades y el confort físico y mental de la vida están cubiertos. Claramente, por lo tanto, no se desea la sabiduría porque tenga alguna ventaja extrínseca; porque el hombre es libre cuando existe por sí mismo y no en el interés de otro, por eso la filosofía es la única de las ciencias que es libre, porque es la única que se busca por ella misma"[279].

Durante toda la historia de la civilización, la cultura ha sido el monopolio de una pequeña minoría. En una sociedad auténticamente socialista democrática será posible reducir de forma generalizada la jornada laboral e incrementar el nivel de vida de todo el mundo, gracias a un enorme auge de la producción. Liberados de las presiones de la necesidad, hombres y mujeres podrán dedicar sus vidas a un desarrollo completo e integral de su personalidad, intelecto y psique. El arte, la literatura, la música, la ciencia y la filosofía ocuparán una posición similar a la que ocupa hoy en día la política de partidos.

Una economía planificada y gestionada democráticamente pondría el enorme potencial de la ciencia y la técnica a disposición de la humanidad. En los últimos cien años, las mejoras en la dieta y la atención sanitaria han duplicado la esperanza de vida en muchos países industrializados. Nuevas mejoras en la calidad de vida podrían llevar a alargar todavía más la vida activa. Cien años de vida plenamente activa sería una cosa habitual. El uso correcto de la ingeniería genética podría incluso permitir a los científicos contrarrestar el proceso de envejecimiento y prolongar la vida humana mucho más allá de lo que se consideraba como la extensión normal. Las posibilidades para el futuro del género humano son tan infinitas como el propio universo.

"Estas perspectivas están completamente de acuerdo con toda la evolución del hombre. Comenzó primero por expulsar los elementos oscuros de la producción y la ideología, acabando, por medio de la técnica, con la rutina bárbara de su trabajo, y por medio de la ciencia con la religión. Después expulsó de la política los inconscientes, al derribar la monarquía, a la que sucedieron las democracias y parlamentarismos racionalistas, y luego la dictadura abierta de los sóviets. Los elementos incontrolados tenían el máximo arraigo en las relaciones económicas, pero el hombre los está eliminando también aquí por medio de la organización socialista. Esto permite reconstruir sobre bases diferentes la vida familiar tradicional. Finalmente, si la naturaleza misma del hombre se encuentra oculta en los rincones más profundos y oscuros del subconsciente, ¿no es evidente que en este sentido han de dirigirse los más grandes esfuerzos de la investigación y la creación? El género humano, que ha dejado de arrastrarse ante Dios, el Rey y el Capital, no

279. Aristóteles, *op. cit*., p. 55.

debe capitular ahora ante las leyes oscuras de la herencia y de la selección sexual. El hombre libre tratará de lograr el máximo equilibrio en el funcionamiento de sus órganos y el desarrollo más armónico de sus tejidos, a fin de reducir así el miedo a la muerte dentro de los límites de una reacción racional del organismo ante el peligro. No hay duda de que la falta de armonía anatómica y fisiológica del hombre, la gran desproporción en el desarrollo de sus órganos o la utilización de sus tejidos dan a su instinto vital ese miedo mórbido, histérico, ante la muerte, temor que produce a su vez las humillantes y estúpidas fantasías sobre el más allá.

"El hombre tratará de ser dueño de sus propios sentimientos, de elevar sus instintos a la altura de lo consciente y hacerlos transparentes, de dominar con su voluntad las tinieblas de lo inconsciente; así se elevará a un nivel superior y creará un tipo biológico y social más perfecto, o si se quiere, un superhombre.

"Es tan difícil predecir cuáles serán los límites del dominio de sí mismo que alcanzará el hombre futuro, como prever hasta dónde se podrá desarrollar el dominio técnico sobre la naturaleza. La construcción social y la autoeducación psicofísica serán dos aspectos paralelos de un único proceso. Todas las artes —la literatura, el teatro, la pintura, la escultura, la música y la arquitectura— darán a este proceso una forma sublime. Más exactamente, la forma que revestirá el proceso de edificación cultural y de autoeducación del hombre comunista desarrollará al máximo los elementos vitales del arte contemporáneo. El hombre se hará incomparablemente más fuerte, más sabio y más complejo. Su cuerpo será más armonioso, sus movimientos más rítmicos, su voz más melodiosa. Las formas de su existencia adquirirán una calidad dinámicamente dramática. El hombre normal se elevará a las alturas de un Aristóteles, un Goethe o un Marx. Y por encima de estas alturas se elevarán nuevas cúspides"[280].

280. Trotsky, *Literatura y revolución*, pp. 174-75.

Bibliografía

Aristóteles, *Metaphysics*, Londres, 1961.
Asimov, I., *New Guide to Science*, Londres, 1987.

Barrow, J. D., *The Origin of the Universe*, Londres, 1994.
Berkeley, G., *The Principles of Human Knowledge*, Londres-Glasgow, 1962.
Bernal, J. D., *Science in History*, Londres, 1954.
– *The Origin of Life.*
Blackmore y Page, *Evolution: The Great Debate.*
Bohm, D., *Causality and Chance in Modern Physics*, Londres, 1984.
Bruner, J. S. y Haste, H. (eds.), *Making Sense*, Londres-Nueva York, 1987.
Bruner, J. S., *Beyond the Information Given*, Londres, 1974.
Buchsbaum, R., *Animals Without Backbones*, 2 vols., Londres, 1966.
Bujarin, N. I. y otros, *Marxism and Modern Thought*, Londres, 1935.
Burn, A. R., *The Pelican History of Greece*, Londres, 1966.

Calder, N., *Einstein's Universe*, Londres, 1986.
Caudwell, C., *The Crisis in Physics*, Londres, 1949.
Cohen y Nagel, *An Introduction to Logic and the Scientific Method*, Londres, 1972.
Cornforth, M., *Dialectical Materialism, an Introduction*, Londres, 1974.
– *The Open Philosophy and The Open Society*, Londres.
Childe, V. G., *Man Makes Himself*, Londres, 1965.
– *Qué sucedió en la historia*, Ed. Pléyade, Buenos Aires, 1975.
Chomsky, N., *Language and Mind*, Nueva York, 1972.

Darwin, C., *The Origin of Species*, Londres, 1929.
Davies, P., *The Last Three Minutes*, Londres, 1994.
Dawkins, R., *The Extended Phenotype.*
– *The Selfish Gene*, Oxford, 1976.

Dietzgen, J., *Philosophical Essays*, Chicago, 1917.
– *The Positive Outcome of Philosophy*, Chicago, 1906.
Dobzhansky, T., *Mankind Evolving*, Nueva York, 1962.
Donaldson, M., *Children's Minds*, Londres, 1978.
– *Making Sense.*

Engels, F., *Anti-Dühring*, Grijalbo, Barcelona-México-Buenos Aires, 1978.
– *Dialéctica de la naturaleza*, Akal editor, Madrid, 1978.

Farrington, B., *Greek Science*, Londres, 1963.
– *What Darwin Really Said*, Londres, 1969.
Ferris, T., *The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics*, Boston, 1991.
Feuerbach, L., *The Essence of Christianity*, Nueva York, 1957.
Feynman, R. P., *Lectures on Physics*, Londres, 1969.
Forbes, R. J. y Dijksterhuis, E. J., *A History of Science and Technology*, vol. 1, Londres, 1963.
Frazer, J. G., *La rama dorada, magia y religión*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 1981.
Freud, S., *The Psychopathology of Everyday Life*, Londres, 1960.

Galbraith, J. K., *The Culture of Contentment*, Londres, 1992.
Gleick, J., *Caos, la creación de una ciencia*, Seix Barral, Barcelona, 1988.
Gould, S. J., *An Urchin in the Storm*, Londres, 1987.
– *Ever Since Darwin*, Londres, 1977.
– *The Panda's Thumb*, Londres, 1980.
– *Wonderful Life*, Londres, 1990.

Haldane, J. B. S., *The Marxist Philosophy and the Sciences*, Londres, 1938.
Hawking, S. W., *Historia del tiempo, del big bang a los agujeros negros*, Ed. Crítica, Barcelona, 1988.
Hegel, G. W. F., *Lectures of the History of Philosophy*, 3 vols., Londres.
– *Logic, Part 1 of the Encyclopaedia of the Philosophical Sciences*, Oxford, 1978.
– *Philosophy of Right*, Oxford, 1942.
– *The Phenomenology of Mind*, Londres, 1961.
– *The Science of Logic*, 2 vols., Londres, 1961.
Hobbes, T., *Leviathan*, Londres, 1962.
Hoffmann, B., *The Strange Story of the Quantum*, Londres, 1963.
Hooper, A., *Makers of Mathematics,* Londres.
Huizinga, J., *The Waning of the Middle Ages*, Londres, 1972.
Huxley, J., *Evolution in Action*, Londres, 1963.

Ilyenkov, E. V., *Dialectical Logic*, Moscú, 1977.

Johanson, D. C. y Edey, M. A., *Lucy, The Beginnings of Humankind*, Londres, 1981.
Johnson, P., *Ireland, a Concise History*, Londres, 1981.

Kant, I., *Critique of Pure Reason*, Londres, 1959.
Kline, M., *Mathematics, the Loss of Certainty*, Londres, 1980.
Kneale, W. y Kneale, M., *The Development of Logic*, Oxford, 1962.

Landau, L. D. y Rumer, G. B., *What is Relativity?*, Edimburgo-Londres, 1964.
Leakey, R., *The Origin of Humankind*, Londres, 1994.
Lefebvre, H., *Lógica formal, lógica dialéctica*, Madrid, 1972.
Lenin, V. I., *Collected Works*, Moscú, 1961.
– *Materialismo y empiriocriticismo*, Ed. Ayuso, Madrid, 1974.
Lerner, E. J., *The Big Bang Never Happened*, Londres-Sydney, 1992.
Lewin, R., *Complexity, Life at the Edge of Chaos*, Londres, 1993.
Luce, A. A., *Logic*, Londres, 1966.
Lucrecio, *The Nature of the Universe*, Londres, 1952.
Lukács, G., *History and Class Consciousness*, Londres, 1971.

Marx, C., *El capital*, Ed. Cartago, Buenos Aires, 1974.
– *Grundrisse*, Londres, 1973.
Marx, C. y Engels, F., *Collected Works*, Moscú, 1975-1988.
– *Correspondencia*, Ed. Cartago, Buenos Aires, 1972.
– *El manifiesto comunista*, Fundación Federico Engels, Madrid, 1996.
– *Manuscritos económico-filosóficos de 1844*, en *Escritos económicos varios*, Ed. Grijalbo, México, 1987.
– *Obras Escogidas en tres tomos*, vol. III, Ed. Progreso, Moscú, 1976.
– *La ideología alemana*, Ed. Progreso, Moscú, 1973.

Oparin, A. I., *The Origin of Life on Earth*, 1959.

Piaget, J., *Seis estudios de psicología*, Planeta de Agostini, Barcelona, 1985.
Plejánov, J., *Selected Philosophical Works*, Moscú, 1976.
– *The Devolopment of the Monist View of History.*
Popper, K., *Unended Quest*, Glasgow, 1982.
Prigogine, I. and Stengers, I., *Order Out of Chaos, Man's New Dialogue with Nature*, Londres, 1985.

Rees-Mogg, W. y Davidson, J., *The Great Reckoning. How the World Will Change in the Depression of the 1990s*, Londres, 1992.
Rhodes, F. H. T., *The Evolution of Life*, Londres, 1962.
Romer, A. S., *Man and the Vertebrates*, 2 vols., Londres, 1970.
Rose, S. and Appignanesi, L. (eds.), *Science and Beyond*, Oxford, 1986.

Rose, S., Kamin, L. J. y Lewontin, R. C., *No está en los genes*, Ed. Grijalbo-Mondadori, Barcelona, 1996.
Rose, S., *Molecules and Minds.*
– *The Conscious Brain*, Londres, 1976.
– *The Making of Memory*, Londres, 1992.

Savage-Rumbaugh, S. y Lewin, R., *Kanzi. The Ape at the Brink of the Human Mind*, Londres, 1994.
Shakespeare, W. *Poesía Completa*, Edición bilingüe, Libro Río Nuevo, Barcelona, 1977.
Spinoza, *Ética*, Editora Nacional, Madrid, 1984.
Stepanova, Y., *Frederick Engels*, Moscú, 1958.
Stewart, I., *Does God Play Dice?* Londres, 1990.
Sutherland, P., *Cognitive Development Today: Piaget and his Critics*, Londres, 1992.

Toulmin, S. y Goodfield, J., *The Fabric of the Heavens*, Londres, 1961.
Trotsky, León, *El nuevo curso. Problemas de la vida cotidiana*, Siglo XXI Editores, México, 1978.
– *El pensamiento de Marx*, Ed. Abraxas, Buenos Aires, 1974.
– *En defensa del marxismo*, El Yunque editora, Buenos Aires, 1975.
– *Escritos 1939-40*, Ed. Pluma, Buenos Aires-Bogotá, 1976.
– *La lucha contra el fascismo en Alemania*, Fundación Federico Engels, Madrid, 2004.
– *Literatura y revolución*, Ed. Ruedo Ibérico, Francia, 1969.
– *Mi vida*, Ed. Pluma, Bogotá, 1979.
– *Su moral y la nuestra*, Fundación Federico Engels, Madrid, 2004.

Waldrop, M. M., *Complexity*, Londres, 1992.
Walter, W. G., *The Living Brain*, Londres, 1963.
Washburn y Moore, *Ape to Man: A Study of Human Evolution.*
Weinberg, S., *Los tres primeros minutos del universo*, Alianza Editorial, Madrid, 1993.
Westbroek, P., *Life as a Geological Force.*
White, M. y Gribbin, J., *Einstein, a Life in Science*, Londres, 1993.
Whitehead, A. N., *Adventures of Ideas*, Londres, 1942.
Wills, C., *The Runaway Brain. The Evolution of Human Uniqueness*, Londres, 1995.
Wilson, E. O., *Sociobiology. The New Synthesis*, Cambridge, 1975.

Glosario de términos

Por razones de espacio, este glosario no es exhaustivo. En general, para evitar repeticiones, no se incluyen los términos explicados en el texto.

ADN: Material genético de las células. Su contenido informativo es la base de los fenómenos de la replicación y la transcripción.

Alopátrica, Teoría: Según esta teoría, la separación geográfica de dos o más poblaciones de una especie provoca una divergencia evolutiva hasta que entre las mismas se hace imposible el entrecruzamiento.

Aminoácido: Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amínico y otro carboxílico. Los aminoácidos se combinan para producir moléculas proteínicas y son, por lo tanto, un componente fundamental de la materia viva.

Causalidad: Interdependencia entre causa y efecto, es decir, las conexiones necesarias entre los fenómenos. La causalidad es una cuestión esencial en la lucha entre el materialismo y el idealismo.

Citoplasma: Contenido de la célula exceptuando el núcleo

Cromosoma: Cada uno de los corpúsculos, casi siempre en forma de filamentos, que existen en el núcleo celular y solamente son visibles durante la mitosis. Su formación se debe a una especie de condensación de la cromatina. Su número es constante para cada especie de ser vivo.

Determinismo: Creencia de que todos los procesos están determinados por causas definidas y leyes naturales y, por lo tanto, son predecibles. El determinismo biológico y el determinismo mecánico son dos variaciones de esta premisa. El indeterminismo es lo contrario, la creencia de que los acontecimientos son gobernados por la pura casualidad.

Dialéctica: De la palabra griega para "discutir". Ciencia de las leyes generales que gobiernan el desarrollo de la naturaleza, la ciencia, la sociedad y el pensamiento. Considera que todo fenómeno está en movimiento y en cambio perpetuo. El marxismo vincula este concepto al materialismo y muestra los pro-

cesos de desarrollo de todas las cosas a través de la lucha, la contradicción y la sustitución de una forma por otra.

Diploide: Célula con cromosomas a pares.

Dogma: Proposición que se considera cierta y principio innegable de una doctrina.

Eclecticismo: Escuela filosófica que intenta conciliar las doctrinas que parecen mejores o más verosímiles, aunque procedan de sistemas diversos. A menudo, el eclecticismo se usa para intentar reconciliar lo irreconciliable, como, por ejemplo, el idealismo y el materialismo.

Electromagnetismo: Parte de la física que estudia la interacción de los campos eléctricos y magnéticos.

Electrón: Partícula atómica elemental que contiene la mínima carga posible de electricidad negativa.

Empirismo: Sistema filosófico que afirma que todo conocimiento humano se basa en la experiencia y se obtiene a través de ella. Es el opuesto del racionalismo. Su principal defecto es la tendencia a rechazar la razón como medio deductivo, en favor de una exageración metafísica del papel de la experiencia por sí misma.

Entropía: Función termodinámica que es una medida de la parte no utilizable de la energía contenida en un sistema. Medida del desorden de un sistema. En un sistema aislado se usa para determinar la forma en que éste va a cambiar cuando se caliente o se enfríe, se comprima o se expanda. La termodinámica mantiene que la entropía de un sistema nunca puede decrecer, sino sólo aumentar y que un estado de máxima entropía está marcado por un estado de equilibrio en que no puede producirse más conversión de energía. Esto ha sido utilizado para justificar la idea errónea de la "muerte térmica del universo". En los últimos años, Ilya Prigogine ha reinterpretado la segunda ley de la termodinámica para definir la entropía de otra forma. Según él, la entropía no significa mayor desorden en el sentido generalmente aceptado, sino un proceso irreversible de cambio que generalmente lleva a estados mejor ordenados.

Especiación: El proceso de divergencia evolucionista que lleva al surgimiento de dos especies a partir de una.

Eugenesia: Aplicación de las leyes biológicas de la herencia al perfeccionamiento de la especie humana. Los seguidores de la eugenesia argumentan que los problemas sociales son causados por gente con características genéticas heredadas, por lo que su eliminación resolvería el problema en generaciones futuras. La conclusión lógica de esta teoría es profundamente racista y reaccionaria, basada en prejuicios y dudosas investigaciones.

Eucariota: Perteneciente a uno de los dos grupos principales de organismos en la Tierra (el otro es el de las procariotas). Se caracteriza por tener células con núcleo diferenciado, envuelto por una membrana y con citoplasma organizado.

Fenotipo: Conjunto de los genes que se manifiestan en un determinado ambiente (por ejemplo, el color de ojos).

Filo: Serie de organismos que se considera poseen un antecesor común. Es la unidad básica de diferenciación entre los seres vivos.

Fotón: Cada una de las partículas de que parece estar constituida la luz y, en general, la radiación, en aquellos fenómenos en que se manifiesta su naturaleza corpuscular.

Gen: Cada una de las partículas dispuestas en un orden fijo a lo largo de los cromosomas y que determinan la aparición de los caracteres hereditarios en los virus, las bacterias, las plantas y los animales.

Genoma: Conjunto de los cromosomas de una célula.

Genotipo: Conjunto de los genes existentes en cada uno de los núcleos celulares de los individuos pertenecientes a una determinada especie de ser vivo.

Gradualismo: Teoría que defiende que todo cambio evolutivo es más bien gradual, sin saltos bruscos.

Hadrón: Cualquier miembro de una extensa familia de partículas elementales que interaccionan a través de la llamada fuerza nuclear fuerte.

Haploide: Dícese del organismo, tejido, célula o núcleo que posee un único juego de cromosomas.

Lamarckismo: Teoría de que características adquiridas pueden ser heredadas y que cualquier variación genética nueva tiende a ser dirigida adaptativamente en vez de "al azar", como opinó Darwin.

Lysenkoismo: Versión del lamarckismo del soviético Lysenko, que trató de producir modificaciones hereditarias en plantas mediante ciertos tratamientos. Aunque posteriormente sus investigaciones fueron desacreditadas, en su día fueron férreamente defendidas por los estalinistas.

Maltusianismo: Teoría desarrollada por Thomas Malthus. Afirmaba que el nivel de población era responsable de los problemas sociales y debería ser controlados, ya que los aumentos incontrolados de población ocurren en progresión geométrica, mientras que los recursos aumentan en progresión aritmética.

Mecánica cuántica: Descripción matemática del funcionamiento de las estructuras atómica y subatómica.

Meiosis: División celular en la que una célula da origen a células hijas con la mitad de los cromosomas cada una.

Metafísica: Del griego, *meta [ta] physika*, "después de [la] física", por la ubicación del tratado de Aristóteles sobre la metafísica (*Primera filosofía*) después de sus tratados de física. Hay dos definiciones, la marxista y la tradicional. En la terminología marxista, la metafísica es un método que mantiene que las cosas son independientes entre sí e inmutables, que la naturaleza está en reposo, fija y estática, y que niega que las contradicciones inherentes sean la fuente del desarrollo de la naturaleza y la sociedad. Todas las cosas pueden ser investigadas separadamente unas de otras. Hoy en día, se utiliza a menudo en su lugar el término *reduccionismo*.

La filosofía tradicional utilizó esta palabra para describir la rama de la filosofía que trata con conceptos universales, a diferencia de la observa-

ción de la naturaleza. Más tarde se volvió sinónimo de especulación idealista abstracta.

Mitosis: Modalidad de la división celular en la que una célula da origen a células hijas con un juego completo de cromosomas cada una.

Mutación: Alteración producida en la estructura o el número de los genes o de los cromosomas de un organismo vivo que se transmite a los descendientes. Fenotipo producido por aquellas alteraciones.

Neutrón: Uno de los dos tipos de partícula que forma el núcleo de un átomo. El otro es el protón.

Nucleótido: Molécula bioquímica que es el componente básico del ADN y el ARN.

Paleontología: Ciencia que estudia los fósiles.

Plasma: Materia gaseosa fuertemente ionizada, con igual número de cargas libres positivas y negativas. La física del plasma es una rama importante de la ciencia moderna.

Positivismo: Corriente idealista que cree en hechos "positivos" en vez de deducciones abstractas. Niega que la filosofía sea una forma de ver el mundo y declara que la creencia debería concentrarse en la descripción de los hechos, y no en su análisis. El positivismo se declara neutral y por encima de posturas filosóficas, interesado en los procesos pero sin interés en ir más allá de las fronteras del *statu quo*. En la práctica, defiende el mantenimiento de las estructuras sociales existentes.

Positivismo lógico: Una variación del positivismo que intenta combinar el empirismo idealista subjetivo con un método de análisis lógico.

Positrón: Partícula elemental con carga eléctrica igual a la del electrón, pero positiva.

Procariota: Perteneciente a uno de lo dos grandes grupos de organismos de la Tierra (el otro es el Eucariota). No tiene núcleo celular estructurado ni orgánulos unidos por membrana.

Protón: Partícula constituyente de los núcleos de todos los elementos atómicos.

Protoplasma: Sustancia constitutiva de las células, de consistencia más o menos líquida, estructura coloidal y composición química muy compleja.

Quark: Partícula subatómica constituyente de las partículas elementales conocidas como hadrones.

Quásar (del inglés ***quas****i-stell****ar*** *radio source,* fuente de radiación cuasi estelar)**:** Cuerpo celeste de apariencia estelar en las fotografías y de color azulado, cuyo espectro se caracteriza por líneas de emisión anchas y muy desplazadas hacia el rojo, lo que indica que se aleja a velocidad muy considerable.

Racionalismo: Teoría que mantiene que la razón es la única fuente del conocimiento, y no la percepción como propone el empirismo.

Radiación adaptativa: Evolución, a partir de un tipo primitivo de organismo, de varias formas divergentes adaptadas a distintos modos de vida.

Reduccionismo: Creencia de que todas las leyes científicas y procesos relacionados a los sistemas complejos pueden reducirse a leyes científicas básicas.

Relatividad, Teoría de la: Las leyes de la relatividad (relación entre un objeto y un observador u otro objeto) consideradas y desarrolladas por Einstein. La teoría general de Einstein trata del movimiento, la gravedad, el tiempo y el concepto del tiempo curvado. La teoría que trata de la velocidad constante se llama teoría especial. La parte más famosa de estas leyes es la que muestra la relación entre la masa y la energía (E = mc2).

Serie convergente: Serie de números en que la suma parcial sucesiva obtenida tomando más y más términos se acerca a un número fijo o límite.

Silogismo: Argumento que consta de tres proposiciones**:** dos premisas y una conclusión. Formulado por Aristóteles, fue el primer sistema lógico de deducción.

Sistemática: Ciencia que estudia la clasificación de las especies con arreglo a su historia evolutiva o filogenia.

Solfatara: Abertura, en terrenos volcánicos, por donde salen vapores sulfurosos.

Taxonomía: En biología, ciencia de la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los seres vivos.

Termodinámica: Parte de la física que estudia las relaciones entre el calor y las restantes formas de energía. La primera de sus leyes se refiere generalmente como la *ley de la conservación de la energía*. Es de importancia decisiva en todas las ramas de la ciencia y de la ingeniería

Índice onomástico

A

Agustín, San: 140, 157, 261.
Alfvén, Hannes: 9, 10, 11, 12, 191, 204, 219, 220, 221, 240, 243.
Álvarez, Luis: 285.
Anaximandro: 382.
Aristóteles: 51, 55, 56, 57, 61, 63, 97, 100, 102, 103, 106, 115, 116, 153, 154, 161, 201, 227, 241, 244, 260, 261, 310, 378, 383, 433, 439, 455, 457.
Arquímedes: 380, 382, 383.
Arrhenius, Svante: 261.
Asimov, Isaac:130, 181, 257.

B

Bacon, Francis: 32, 55, 236, 451.
Berkeley, Obispo: 56, 131, 384, 414.
Bernal, J. D.: 165, 180, 258, 262, 266.
Bernoulli, Jacques: 145.
Binet, Alfred: 358, 359, 361.
Binford, Lewis: 295.
Bohm, David: 60, 74, 131, 137, 141, 143, 144, 146, 191, 409.
Bohm, Max: 132.
Bohr, Niels, 84: 123, 132, 134, 212, 228, 389, 406.
Bolanzo, Bernhard: 385.
Boltzmann, Ludwig: 142, 163, 183, 185, 186, 187, 194, 195, 196, 198.
Bondi, Hermann: 204.
Born, Max: 134.
Bruner, Jerome: 289, 323, 325, 452.
Brunner, Hans: 368.

C

Calvino: 140.
Cannon, Annie J.: 224.
Cantor, Georg: 385, 396.
Chebyshev, P. L.: 145.
Childe, Gordon: 46, 47, 53.
Chomsky, Noam: 293, 322.
Clausius, Robert: 187, 193, 194.
Copérnico, Nicolás: 160, 311.
Crick, Francis: 261, 351, 352, 355.
Cuvier, Georges: 246.

D

D'Alembert, Jean: 385.
Darwin, Charles: 20, 55, 59, 89, 116, 142, 150, 163, 189, 196, 252, 261, 272, 292, 299, 300, 307, 317, 335, 336, 337, 338, 341, 342, 343, 344, 347, 348, 349, 351, 352, 354, 361, 404.
Davies, Paul: 39, 40, 218.
Dawkins, Richard: 23, 338, 353, 354, 356, 365, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373.
De Broglie, Louis: 122, 133.
Dedekind, Richard:383.
Demócrito: 385.

Descartes, René: 10, 112, 311, 318, 384.
Dietzgen, Joseph: 91.
Dirac, Paul: 83.
Dobzhansky, Theodosius: 343, 354, 356, 357, 367, 417.
Doppler, Christian: 203.

E

Einstein, Albert: 9, 61, 89, 107, 108, 111, 116, 119, 121, 122, 123, 124, 129, 132, 133, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 203, 205, 207, 213, 222, 223, 228, 229, 232, 239, 241, 355, 405, 406, 407, 410, 414, 415.
Eldredge, Niles: 72, 336, 337, 338, 422.
Engels, Federico: 13, 14, 15, 16, 17, 23, 33, 40, 41, 44, 47, 57, 59, 61, 62, 67, 68, 70, 73, 77, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 104, 105, 107, 110, 117, 121, 122, 135, 136, 139, 140, 147, 150, 152, 153, 155, 156, 164, 170, 173, 188, 189, 219, 230, 232, 236, 237, 242, 246, 251, 252, 257, 258, 259, 266, 275, 277, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 300, 304, 306, 317, 319, 320, 331, 337, 338, 341, 342, 343, 344, 347, 348, 357, 377, 380, 381, 384, 386, 399, 401, 402, 403, 404, 405, 407, 412, 416, 417, 418, 419, 421, 422, 424, 429, 435, 454, 455.
Eratóstenes: 413.
Euclides: 107, 169, 170, 396.
Eysenck, Hans: 358, 365.

F

Faraday, Michael: 68, 119, 415.
Farmer, Doyne: 154.
Feuerbach, Ludwig: 50, 52.
Feynman, Richard: 61, 70, 81, 82, 105, 168, 175.
Foucault, Léon: 119.
Frazer, James G.: 48, 50.
Frege, Gottlob: 114.
Fresnel, Augustin J.: 119.
Freud, Sigmund: 156.
Friedmann, Alexander: 203, 207, 223, 228.
Fukuyama, Francis: 13.

G

Galbraith, John Kenneth:37, 432.
Galileo: 12, 32, 55, 160, 172, 209, 236, 237, 309, 383, 385, 389, 415.
Gamow, George: 204, 205, 206.
Gauss, Karl F.: 145, 187, 198, 385.
Gell-Mann, Murray: 126.
Gibbon, Edward: 420.
Gilbert, William S.: 348.
Gleick, James: 69, 389, 390, 391, 393, 394, 396, 399, 400, 401, 402, 404, 405, 406, 410, 425, 450.
Gödel, Kurt: 388.
Gold, Thomas: 204.
Gould, Stephen Jay: 72, 268, 272, 273, 276, 277, 283, 300, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 349, 369, 372, 422.
Grant, Ted: 216.
Guth, Alan: 206, 207, 208, 210, 241.

H

Haldane, J. B. S.: 257, 258, 259, 260, 263, 351, 352, 368, 423.
Hawking, Stephen: 213, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238.
Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: 23, 35, 44, 56, 57, 59, 60, 63, 65, 67, 82, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 114, 115, 146, 147, 148, 149, 150, 155, 156, 158, 162, 163, 164, 165, 170, 173, 183, 230, 237, 240, 247, 302, 322, 323, 336, 380, 383, 384, 386, 395, 397, 405, 407, 411, 412, 415, 417, 419, 422, 448.
Heisenberg, Werner K.: 71, 113, 121, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 145, 149, 185, 228, 239, 414.
Heráclito: 57, 59, 80, 81, 82, 90, 113, 160, 163, 395, 418.

Hilbert, David: 387, 388.
Hobbes, Thomas: 55, 317, 348, 371, 378.
Hoffmann, Banesh: 83, 121, 122, 211, 381, 418.
Hoyle, Fred: 204, 205, 206, 224, 232, 243, 261.
Hubble, Edwin Powell: 202, 203, 207, 214.
Hume, David: 56, 131, 231, 414.
Huxley, Thomas Henry: 261,409.

J

Jeans, Sir James: 195, 242.
Jenófanes: 52.
Jenofonte: 52.
Jesús: 447

K

Kant, Immanuel: 56, 57, 99, 102, 104, 105, 131, 135, 154, 161, 162, 165, 170, 202, 221, 231, 234, 242, 243, 328, 333, 382, 411.
Kauffman, Stuart: 264.
Kelvin, Lord: 68, 195.
Klein, Morris: 387.
Klein, Oskar: 220, 221.
Kuhn, Thomas: 412.

L

Lamarck, Jean Baptiste de: 354.
Landau, Liev D.: 167, 225.
Laplace, Pierre Simon: 56, 119, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 146, 150, 190, 191, 221, 242, 243, 386, 410, 421.
Leakey, Richard: 291, 296, 297, 298, 299.
Leibniz, Gottfried W.: 115, 123, 155, 384.
Lenin, V. I.: 13, 16, 32, 41, 80, 92, 99, 101, 134, 183, 261.
Lerner, Eric J.: 9, 206, 207, 208, 209, 223, 225, 230, 238, 339, 410, 414.
Lewin, Roger: 302, 316.
Locke, John: 55, 97, 112.
Lyell, Charles: 245, 246, 335.
Lysenko, Trofim D.: 354, 424.

M

Malthus, Thomas Robert: 343, 344, 345, 347, 431.
Mandelbrot, Benoit B.: 392, 393, 395, 396, 400, 401.
Marx, Carlos: 13, 14, 15, 16, 22, 23, 28, 32, 33, 40, 41, 44, 45, 57, 59, 60, 61, 77, 90, 92, 93, 94, 95, 105, 135, 150, 155, 173, 174, 188, 234, 235, 246, 252, 290, 341, 342, 344, 347, 357, 399, 401, 404, 405, 407, 417, 419, 421, 422, 424, 429, 434, 435, 437, 438, 440, 446, 448, 450, 451, 457.
Maxwell, James: 70, 119, 120, 121, 166, 187, 190, 194, 210, 222, 414, 415.
Mendel, Gregor J.: 351.
Meyer, Julius L.: 66.
Montaigne, Michel E. De: 45, 103.
Morris, Desmond: 365.
Muller, Richard: 284, 285.

N

Newton, Isaac: 56, 69, 106, 111, 116, 119, 121, 138, 141, 142, 150, 162, 163, 164, 169, 171, 173, 181, 184, 188, 189, 190, 191, 195, 203, 207, 222, 229, 236, 311, 384, 414, 421.

O

Oparin, Alexandr I.: 146, 257, 258, 259, 260, 263.
Oppenheimer, Julius R.: 225.

P

Pasteur, Louis: 260, 261.
Peebles, P. J. E.: 205, 206.
Penrose, Roger: 226, 227, 230, 232, 233, 235, 236.
Penzias, Arno: 205, 206.
Peratt, Anthony: 220, 230.
Piaget, Jean: 321, 322, 323, 324, 325, 327, 330, 332, 333, 452.
Pitágoras: 159, 165, 377, 380, 382.

Planck, Max: 71, 75, 120, 121, 122, 133, 175, 183, 186, 405.
Platón: 10, 54, 55, 114, 133, 159, 160, 214, 260, 310.
Plejánov, Jorge: 90, 335, 336.
Popper, Karl: 184, 185.
Poston, Tim: 421.
Prigogine, Ilya: 164, 188, 191, 196, 197, 198, 199.

R

Reagan, Ronald: 36, 37, 443.
Rees-Mogg, William: 35, 36, 39, 40, 238, 432, 439, 442.
Rhodes, F. H. T.: 272, 275.
Ricardo, David: 94, 95.
Rose, Stephen: 309, 310, 311, 312, 313, 314, 317, 318, 321, 356, 360, 369, 370, 373.
Russell, Bertrand: 102, 114, 196.

S

Santayana, George: 416.
Savage-Rumbaugh, Sue: 302.
Schrödinger, Erwin: 129, 130, 133, 134.
Shakespeare, William: 49, 148, 158.
Smith, Adam: 94, 343.
Sócrates: 442.
Spencer, Herbert: 343, 344, 357.
Spinoza: 95, 138.
Stalin, J. V.: 80, 323, 424.
Stengers, Isabelle: 164, 188, 199, 404.
Stewart, Ian: 80, 421.

T

Thatcher, Margaret: 443.
Tolomeo:10, 201, 227, 241, 431.
Toth, Nicholas: 291, 292.
Trotsky, León:13, 16, 22, 28, 41, 59, 63, 79, 80, 97, 101, 106, 107, 109, 112, 173, 349, 419, 423, 431, 439, 440, 442.
Tully, Brent: 209, 215.

U

Ussher, Obispo: 201, 202, 245.

V

Vail, Peter: 248.
Vaucouleur, Gerard de: 223.
Vigotsky, Lev: 318, 323, 324, 452, 453.
Vinci, Leonardo da: 32, 401.

W

Waldrop, M.: 65, 73, 197.
Wegener, Alfred: 247, 249.
Westbroek, Peter: 247.
Whitehead, Alfred N.: 114, 179, 345, 451.
Wilson, E. O.: 356, 357, 359, 365.
Wilson, Robert: 205, 206.

Y

Yudofsky, Stuart: 19, 363, 364.

Z

Zenón: 160, 382, 383.

Fundación Federico Engels

C/ Hermanos del Moral 33, bajo • 28019 Madrid
Telf: 914 283 870 • Fax: 914 283 871
fundación_federico@engels.org • www.engels.org

La Fundación de Estudios Socialistas Federico Engels fue creada en 1987 con el objetivo de defender y difundir las ideas del marxismo revolucionario. Su actividad se centra en la publicación de materiales políticos que contribuyan a arrojar luz sobre los acontecimientos contemporáneos desde la óptica del socialismo científico, en un momento en que la ofensiva ideológica desatada contra las ideas socialistas exige un esfuerzo teórico y material por parte de todos aquellos que aspiramos a un cambio radical de la sociedad.

Haciéndote socio de la Fundación contribuyes a su sostenimiento económico, y favorecerás el desarrollo de sus actividades y publicaciones. Además recibirás los folletos que publiquemos, nuestra revista de debate político MARXISMO HOY, un descuento del 10% en los libros de nuestro catálogo y tendrás toda la información sobre las actividades públicas de la Fundación.

No lo dudes. Colabora con la Fundación, apoya las ideas del marxismo.

HAZTE SOCIO DE LA FUNDACIÓN FEDERICO ENGELS

Nombre y apellidos .....

Dirección .....

Localidad .....

Provincia ..... DP .....

Teléfono ..... E-mail .....

Se inscribe como socio de la Fundación Federico Engels con una cuota de:

❑ 30 euros/año ❑ 60 euros/año ❑ Otra cantidad _____ euros/año
(superior a 30 euros/año)

FORMA DE PAGO

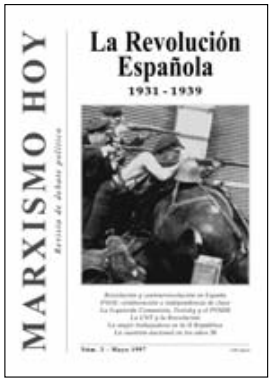
❑ Talón nominativo a nombre de la Fundación Federico Engels, enviándolo a nuestra dirección.

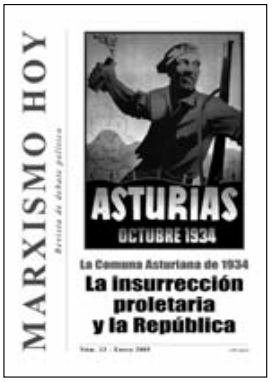
❑ Transferencia bancaria a la c/c número 2038 - 1197 - 19 - 6000277153 de Caja Madrid.

MARXISMO HOY

Revista de debate político

- Número 1 . . . . . A cien años de la muerte de Federico Engels
- Número 2 . . . . . La Transición española, un análisis marxista
- Número 3 . . . . . La Revolución española (1931-1939)
- Número 4 . . . . . Una alternativa socialista a la Unión Europea
- Número 5 . . . . . Lecciones de Chile. A 25 años del golpe militar
- Número 6 . . . . . El nuevo orden mundial del imperialismo
- Número 7 . . . . . Perspectivas para la economía mundial
- Número 8 . . . . . León Trotsky. Su pensamiento más vigente que nunca
- Número 9 . . . . . La Transición española, un análisis marxista
- Número 10 . . . . . América Latina hacia la revolución
- Número 11 . . . . . Antonio Gramsci y la revolución italiana
- Número 12 . . . . . Portugal 1974. La Revolución de los Claveles
- Número 13 . . . . . La Comuna Asturiana de 1934
- Número 14 . . . . . El marxismo y la guerra
- Número 15 . . . . . El materialismo dialéctico y la ciencia
- Número 16 . . . . . China. De la revolución a la contrarrevolución
- Número 17 . . . . . Venezuela. La lucha por el socialismo hoy





SUSCRÍBETE A MARXISMO HOY

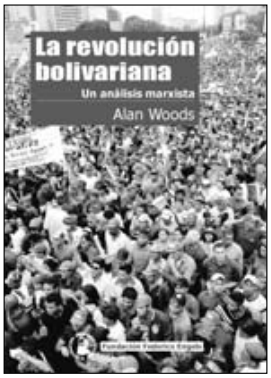
Envíanos tus datos a nuestra dirección, indicando la forma de pago que prefieras.

FORMA DE PAGO

- ❑ Talón nominativo a nombre de la Fundación Federico Engels.
- ❑ Transferencia bancaria a la c/c número 6000277153 de Caja Madrid (Entidad 2038 / Sucursal 1197 / DC 19) a nombre de la Fundación.

	ESTADO ESPAÑOL	EUROPA	RESTO MUNDO
Dos números	7,20 euros	10,25 euros	12 euros
Cuatro números	14,40 euros	18 euros	21,70 euros

COLECCIÓN CRÍTICA MARXISTA



· Razón y revolución.
Filosofía marxista y ciencia moderna — *Alan Woods / Ted Grant*

· Rusia, de la revolución a la contrarrevolución — *Ted Grant*

· Lenin y Trotsky, qué defendieron realmente — *A. Woods / T. Grant*

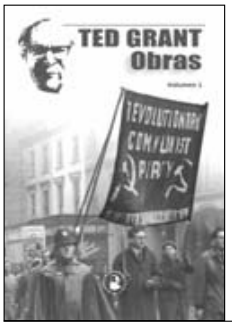
· Bolchevismo. El camino a la revolución — *Alan Woods*

· La revolución bolivariana. Un análisis marxista — *Alan Woods*

· Apuntes revolucionarios — *Celia Hart*

· Euskal Herria y el socialismo.
Marxismo y cuestión nacional — *Alan Woods / Eloy Val*

· En defensa de la Revolución de Octubre — *Varios autores*



· Obras de Ted Grant
Volumen I

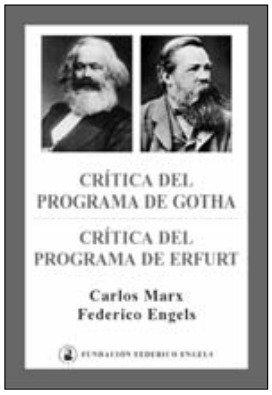
COLECCIÓN MEMORIA OBRERA

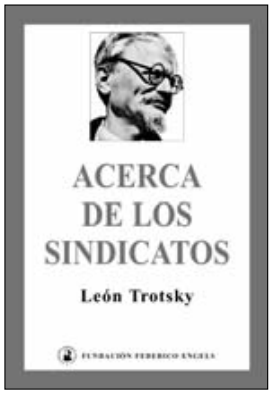
· Rebelión obrera en Tejas y Ladrillos
José Martín

· 3 de marzo. Una lucha inacabada
Arturo Val del Olmo

· Carrier. Lecciones de una lucha
Felipe Palacios

COLECCIÓN CLÁSICOS DEL MARXISMO





1. El manifiesto comunista — *C. Marx / F. Engels*
2. El Estado y la revolución — *V.I. Lenin*
3. Las Tesis de Abril — *V.I. Lenin*
4. La enfermedad infantil del *izquierdismo* en el comunismo — *V.I. Lenin*
5. Acerca de los sindicatos — *León Trotsky*
6. Reforma o revolución — *R. Luxemburgo*
7. Huelga de masas, partido y sindicato — *R. Luxemburgo*
8. Qué es el marxismo / Su moral y la nuestra — *L. Trotsky*
9. Salario, precio y ganancia / Trabajo asalariado y capital — *C. Marx*
10. El 18 Brumario de Luis Bonaparte — *C. Marx*
11. La guerra civil en Francia — *C. Marx*
12. Crítica del programa de Gotha / Erfurt — *C. Marx / F. Engels*
13. Problemas de la vida cotidiana — *L. Trotsky*
14. El manifest comunista (català) — *C. Marx / F. Engels*
15. Anarquismo y comunismo — *E. Preobrazhenski*
16. La crisis de la socialdemocracia — *R. Luxemburgo*
17. Contribución al problema de la vivienda — *F. Engels*
18. L. Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana — *C. Marx / F. Engels*
19. Introducción a *Dialéctica de la Naturaleza* (y otros) — *F. Engels*

La Fundación Federico Engels publica regularmente su catálogo de libros y documentos. En él puedes encontrar más de cien títulos de obras de los clásicos del marxismo, muchas de ellas descatalogadas.
Si estás interesado en recibirlo, escríbenos y te lo enviaremos gratuitamente; también puedes consultarlo en www.engels.org

COLECCIÓN CLÁSICOS DEL MARXISMO

León Trotsky

- La revolución permanente
- La revolución traicionada
- La lucha contra el fascismo
- 1905
- Terrorismo y comunismo
- La revolución española (1930-39)

Federico Engels

- El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado

CUADERNOS DE FORMACIÓN MARXISTA

1. Introducción al materialismo dialéctico.
2. La república soviética húngara de 1919.
   La revolución olvidada.
3. De noviembre a enero. La revolución alemana de 1918.
4. El marxismo y la religión.
5. El marxismo y el arte.
6. Breve historia del desarrollo capitalista y del movimiento obrero en Turquía.
7. Stalin: 50 años después de la muerte del tirano.
8. Ascenso y caída de Napoleón Bonaparte.
9. El Islam y EEUU, ¿amigos o enemigos? / El resurgir del fundamentalismo
10. El origen de los judíos

PVP 1,50 euros

ESCRITOS DE TED GRANT

1. · Por qué llegó Hitler al poder.
   · Ascenso y caída de la Internacional Comunista.
2. · ¿Habrá una recesión? / ¿Resolverá la reflación nuestros problemas?
3. · La Revolución China.
   · La revolución colonial y la división chino-soviética.

PVP 1,50 euros

El Militante

CORRIENTE MARXISTA INTERNACIONAL

EL MILITANTE es un periódico mensual elaborado por y para los trabajadores que colabora habitualmente con la Fundación Federico Engels en la defensa y difusión de las ideas del marxismo revolucionario. En torno a él se agrupa la corriente que defiende un programa marxista en el seno de las organizaciones de la clase obrera.

Conócelo en www.elmilitante.org

Puedes suscribirte enviando
los siguientes datos

Nombre .....

Dirección .....

Localidad .....

Provincia ..... CP .....

Teléfono ..... E-mail .....

	ESTADO ESPAÑOL		RESTO DEL MUNDO	
	Normal	Ayuda	Normal	Ayuda
❑ 6 núm.	9 euros	18 euros	18 euros	30 euros
❑ 12 núm.	18 euros	30 euros	30 euros	42 euros

❑ Giro Postal al Apdo. de Correos 5.200 (28080 Madrid)
❑ Ingreso a nombre de la A.C. Debate Social,
en la cuenta nº 0182 - 0975 - 51 - 0201540722 del BBVA

CONTACTA CON NOSOTROS

ANDALUCÍA
- **Cádiz** 651 812 328
- **Córdoba** 619 033 460
- **Granada** 661 260 055
- **Huelva** 629 234 423
- **Málaga** 952 276 563
- **Sevilla** 954 908 678

ASTURIAS 985 550 933

CASTILLA-LA MANCHA
- **Guadalajara** 949 201 025
- **Puertollano** 650 837 265
- **Toledo** 699 956 847

CASTILLA Y LEÓN
- **Salamanca** 669 192 054
- **Valladolid** 665 959 704

CATALUNYA
- **Barcelona** 933 298 921
- **Girona** 657 212 367
- **Tarragona** 690 678 143

EUSKADI
- **Álava** 945 231 202
- **Guipúzcoa** 685 720 939
- **Pamplona** 695 630 997
- **Vizcaya** 944 790 381

GALICIA
- **Coruña** 600 810 516
- **Ferrol** 626 746 950
- **Santiago** 636 217 248
- **Vigo** 635 630 229

MADRID 914 280 248

MALLORCA 629 931 921

PAÍS VALENCIÀ 961 339 120

www.elmilitante.org — el-militante@elmilitante.org